



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION

LABORATORIO DE ORDENADORES, CIBERNETICA Y TEORIA DE SISTEMAS

SELECCION DE ESCRITOS SOCIOTECNICOS
SOBRE TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION
(ESPECIALMENTE INFORMATICA)

POR: F. SÁEZ VACAS

Nº UPM/ETSIT/LOCTS/04/84

FECHA ABRIL 1984

- INDICE DE ESCRITOS -

PÁG.

1. EDUCACION SOCIAL E INFORMATICA, comunicación
presentada en Inforprim, Junio 1971. Difusión
interna en boletín EDUCACION de Honeywell - -
Bull. Publicada en el número 7 de Futuro Pre-
sente, revista de Futurología y Cibernética... 7
2. EDUCACION SOCIAL E INFORMATICA, comunicación
presentada en el Primer Congreso Hispano Luso
de Informática. Difusión interna en el libro
LA INFORMATICA EN UN PAIS EN DESARROLLO de -
Honeywell Bull, ref. 00.60.908F. Publicada en
el número 14 de Futuro Presente, con el títu-
lo EL ORDENADOR Y EL DESARROLLO DE LA EDUCA--
CION EN LOS PAISES EN VIAS DE DESARROLLO, dic.
1972. Publicada en la revista Clave nº 62, -
nov. 1972. 19
3. ENSEÑANZA, INVESTIGACION Y FACULTADES DE INFOR-
TICA EN UN CONTEXTO DE PREDOMINANTE INFORMATI-
CA-NEGOCIO, comunicación presentada en Infor--
prim, 1976. Unica comunicación publicada inte-
gramente en el periódico Informática 47
4. FACTORES TECNICOS BASICOS DE LAS NUEVAS TELECO-
MUNICACIONES EN LA ERA DE LOS SISTEMAS, BIT, -
año 1 nº 2, 1978..... 63
5. TELEINFORMATICA, TELEMATICA, TELEBERNETICA*...
NEOTELECOMUNICACIONES, BIT, año 3 nº 10, 1980. 73
6. V.N. y MR. CHIP, Informática, Año X nº 214, -
1980 81

7. RELOJES DIGITALES: LA PUNTA DE UN ICEBERG., artículo <u>inédito</u> en respuesta a otro de Julián Marías, titulado "Relojes Digitales", El País, 19 oct., 1980.	89
8. ARE THERE FIVE INFORMATICS SUBCULTURES?, artículo <u>inédito</u> , 1981	99
9. EL CREPUSCULO DE CIERTA CLASE DE ROBOTS (UNA - - PERSPECTIVA HISTORICO-CIENTIFICA DE LA ROBOTICA), BIT, año 4, n° 19, 1981	113
10. ALGUNAS APORTACIONES PERSONALES AL GRUPO II DENTRO DE LOS TRABAJOS DEL PLAN ELECTRONICO E INFORMATICO NACIONAL (<u>inéditas</u>) Abril-Mayo 1982	133
. Tecnología, economía y sociedad.	135
. Evaluación de los efectos en la sociedad	141
. Proyecto y metodología para el desarrollo de un modelo para la planificación y evaluación de las tecnologías de la información.	161
11. FACING INFORMATICS VIA THREE LEVEL COMPLEXITY - VIEWS, comunicación presentada en el X Congreso Internacional de Cibernética, Namur (Bélgica), - Agosto 1983	169
12. LAS TECNOLOGIAS DE LA TERCERA REVOLUCION DE LA - INFORMACION, Mundo Electrónico, Oct. 1983	179
13. PROPUESTA DE ALGUNAS PAUTAS PARA GUIAR LA ELABORACION, A MEDIADOS DE LOS OCHENTA, DE LOS OBJETIVOS, METODOLOGIA Y PEDAGOGIA DE LA ENSEÑANZA DE LA INFORMATICA EN CUALQUIER SISTEMA EDUCATIVO, - ponencia central para un seminario del C.R.E.I., nov. 1983. Publicada en la revista Novática, 1984.	207

14. EL NUCLEO DURO DE LA INFORMATICA Y LOS DERECHOS HUMANOS, conferencia en el Curso de Informática y Derechos Humanos, Aula Municipal de Cultura del Ayuntamiento de Madrid, 13-16 Marzo 1984..... 269
15. LAS SUBCULTURAS E "IDEOLOGIAS" INFORMATICAS, BARRERAS PARA UNA EDUCACION INNOVADORA SOBRE TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION, comunicación presentada en el Simposio Internacional sobre Informática y Educación, Tucumán (Argentina) mayo 1984 281

Educación social e informática

por *Fernando Sáez Vacas*

EL SISTEMA NERVIOSO HUMANO Y LA PERCEPCIÓN DE LA REALIDAD

El ser humano se relaciona con su mundo gracias a:

- ⊗ los órganos receptores;
- ⊗ el sistema nervioso;
- ⊗ los órganos ejecutivos o efectores.

Los receptores constituyen la puerta por donde el ser humano recibe información de su propio organismo y de su mundo exterior. Son los «sentidos», toda una teoría de órganos que producen en el sujeto las sensaciones de color, de sonido, de sabor, de tacto, pero también de dolor, de placer, de nivel de equilibrio o de movimiento, y que perciben constantemente e informan al sistema nervioso de cualquier alteración somática.

Acostumbra a clasificarse el sistema nervioso en tres partes principales: el sistema central, el sistema simpático o autónomo y una finísima red de comunicaciones conectada con los órganos receptores y ejecutivos. Los terminales de esta red aparecen entre las células de la piel, se distribuyen entre las glándulas, rodean a arterias y venas, se infiltran en todas las vísceras, acompañan a las fibras musculares. Forman la fantástica malla por donde los sistemas central y autónomo reciben y envían mensajes y órdenes. Estos sistemas integran la información procedente de los receptores y deciden la acción a realizar, traducida en una distribución de órdenes a distintos órganos ejecutivos.

A partir de estas órdenes desencadenan su actividad los órganos

ejecutivos, tanto si se trata de músculos voluntarios, gobernados por el sistema central, como si de músculos involuntarios o vísceras, automáticamente dirigidos por el simpático.

Resulta, pues, que el sistema nervioso es el sistema natural de información del individuo humano, que constituye todo él la más fantástica unidad que pueda imaginarse.

El sistema nervioso es una de las partes al servicio de esta unidad, y aunque dentro de él el sistema central parece ostentar la función de coordinador máximo de las actividades orgánicas, es muy íntima su relación con el autónomo. El autónomo dirige los automatismos vegetativos, es decir, consigue una unidad funcional a partir de individualidades orgánicas tan diversas como son el corazón, los vasos sanguíneos, los pulmones, el aparato digestivo y las glándulas endocrinas. El sistema central—cerebro, cerebelo y médula—atiende, además, a la relación con el mundo exterior, respondiendo a sus estímulos. Es sede de los estados de conciencia, subjetiva (*individualiza*) de alguna manera la información que recibe. La subjetivación de los acontecimientos de nuestro entorno vital depende del funcionamiento de los órganos. Una alteración vegetativa repercute incluso en los estados de conciencia de tal manera que se ha llegado a decir que una glándula cualquiera «está» en todo el organismo. Inversamente, los estados de conciencia imprimen el sello en las funciones vegetativas; todo el mundo sabe que el origen de diferentes enfermedades del estómago y del corazón está en algún trastorno nervioso.

En el cerebro, perteneciente al sistema central, se distinguen dos niveles, por orden de antigüedad: el cerebro antiguo, que con el simpático y el sistema endocrino rigen en gran medida la vida emocional y afectiva del individuo, sus apetitos, sus pasiones, sus deseos y necesidades interiores, y el cerebro nuevo, neocórtex o cerebro intelectual, en donde parecen asentarse las actividades mentales y en particular el pensamiento.

Desde un punto de vista, todo este sistema de información constituye el soporte activo y delicado de la «realidad» que mueve las acciones del sujeto. ¿Quiere decir esto que la realidad es diferente para un sujeto u otro? Así es, los estímulos de dentro y de fuera, los sentidos, el sistema nervioso, los órganos ejecutivos y los resultados de las acciones configuran en cada ser una imagen de la realidad. Queda más allá de toda duda que dicha imagen se modifica con los cambios de constitución y de funcionamiento de algunos de los elementos que acaban de citarse. La idea en cuestión, al nivel puntual del individuo, se presenta indiscutible. En nuestro fuero interno todos podemos rememorar casos vividos o relatados de personas que se han visto temporal o permanentemente transportadas a un mundo «distinto» por causa de un gran estímulo afectivo o por la pérdida de un

órgano sensible o de un miembro, por una lesión cerebral o trastorno nervioso o mal funcionamiento irreversible de una glándula, quizá por un éxito importante o un fracaso. No es necesario, en definitiva, ir a casos tan extremos. La psicología nos ofrece la experiencia clásica siguiente: sometido un grupo de individuos a una misma configuración de estímulos (por ejemplo, una situación visual, o sonora, o ambiental) se obtiene inevitablemente de cada uno de ellos un comportamiento distinto.

En un sentido menos restringido, el comportamiento de cada individuo, en un momento cualquiera, está condicionado por su *propia biología*, por su *biografía* (sus conocimientos, sus experiencias, su posición dentro de la sociedad, los instrumentos a su disposición), por la *sociedad de que forma parte* y por la *historia de su especie*.

Para un estudio del comportamiento social del individuo actual es interesante destacar de cada uno de estos tres últimos factores condicionantes algunos aspectos que se relacionan con el tratamiento de la información. Lo haremos de seguido con arreglo al plan siguiente: De la especie humana resaltaremos sus vectores de creciente cerebración y de creciente prolongación instrumental. Ello ha originado, entre otras cosas, formas sociales de vida estructuradas en virtud de innumerables y complejos estímulos, muchos de ellos informativos, cuyo alcance y ordenación escapan al control de la inmensa mayoría de los individuos que forman tal sociedad. Por último, concentrándonos en el individuo, comparemos la situación que ocupa dentro de la sociedad y la que ocupa en el espacio de tres coordenadas (decisión, conocimiento, control) de los flujos de información.

El paseo reflexivo que dentro de unos momentos iniciamos por los caminos que acaban de trazar los párrafos anteriores tiene por objeto poner de manifiesto la responsabilidad que incumbe a los individuos mejor situados (los que deciden, los que conocen, los que controlan) de investigar o de preocuparse acerca de los efectos que nuestro mundo de artefactos, y en particular de artefactos de información, ejerce sobre los individuos, sobre la sociedad y sobre la propia especie. La mira ha de orientarse a contribuir a conseguir un movimiento positivo hacia una unidad sociopsicosomática, que constituiría a nivel social el equivalente de los que, a nivel individual, se llama unidad psicósomática.

LA EVOLUCIÓN EXOMÁTICA Y EL ORDENADOR

Al correr de los siglos, el sistema nervioso de los homínidos se ha enriquecido sin pausa, pero desde hace aproximadamente medio millón de años—según los especialistas—la corteza cerebral o cerebro

nuevo ha experimentado un crecimiento acelerado, sin posible parangón con el de otras estructuras nerviosas inferiores, incluyendo también en éste el llamado cerebro afectivo. Es decir, el cerebro se ha acrecido, se ha hecho más capaz, y el homínido ha entrado en un proceso de interacción causa-efecto que ha producido un ser humano, siempre en transformación, prolongado instrumentalmente. (Por prolongación instrumental se quiere dar a entender el instrumento que, no perteneciéndole fisiológicamente, le añade posibilidades frente al medio en que se desenvuelve.)

Veamos; en su continua adaptación, nuestra especie ha experimentado una evolución natural, interna, endosomática; ha conseguido, por ejemplo, un miembro de tanta precisión como es la mano, instrumento fisiológico. A su vez, el uso de la mano ha contribuido mucho al desarrollo de su cerebro, lo que le ha permitido llegar a realizar un avance exosomático, la creación del complemento instrumental: el cuchillo o el macho de piedra. Y así, de manera ininterrumpida.

El hombre se amplía a sí mismo, se prolonga por medio de los instrumentos. Si nos fijamos solamente en los tiempos actuales, unos ejemplos corrientes nos permitirán apreciar hasta qué punto se han producido cambios en sus órganos sensibles y ejecutivos, que llevan y traen mensajes a su sistema nervioso, que conforman su realidad. Están el teléfono, la radio, la televisión, el microscopio electrónico y el telescopio. Puede ver u oír lo que ocurre en cualquier parte, en la Luna, por poner un ejemplo reciente; «ver» la onda cardíaca de otro individuo situado incluso a cualquier distancia. Puede levantar y transformar terrenos, desplazarse a gran velocidad por tierra, mar y aire. Consecuentemente, también se han desplazado los límites de sus posibilidades de observación y de acción, la imagen que se forma del mundo.

Por último, desde hace unos años, crea y perfecciona un instrumento que prolonga bruscamente, en cuanto a posibilidades, su actividad mental, un instrumento que representa una complementación exosomática a su cerebro reciente: el ordenador, último paso, por ahora, de una ininterrumpida serie de intentos a lo largo de los últimos siglos de la historia de la humanidad. Una vez llegados a este punto conviene abrir un breve paréntesis al objeto de situar al ordenador en su justo punto.

No es fácil resistir la tentación de establecer una analogía entre un sistema informático (*) y el sistema nervioso. Muchos autores lo han hecho de acuerdo con las siguientes correspondencias.

Aquí la impresión se ha perdido
(*) *Informática* —según la Academia Francesa— es la ciencia del tratamiento racional, principalmente por máquinas automáticas, de la información, considerada como el soporte de los conocimientos y de las comunicaciones en los ámbitos técnico, económico y social.

Este paralelismo es absolutamente superficial. Existen pocas razones en su origen, en su estructura, en su forma de trabajar, en sus posibilidades, que permitan apoyar semejanzas profundas entre estas dos clases de sistemas. Los sistemas informáticos suponen un gran logro de la inteligencia humana, pero aparecen como un tosquísimo remedo del sistema nervioso, conseguido gracias a la cibernética. «Es cierto—escribe Carrel—que tanto una máquina como nuestro cuerpo son organismos. Pero la organización de nuestro cuerpo no es similar a la de una máquina. Una máquina está compuesta de muchas partes, originalmente separadas. Una vez montadas estas piezas, su multiplicidad se vuelve unidad. Igual que el individuo humano, está montada para un fin específico. Pero es primariamente compleja y secundariamente simple. Por el contrario, el hombre es primariamente simple y secundariamente complejo. Nace de una sola célula. Esta célula se divide en dos, las cuales, a su vez, se dividen, y esta división continúa indefinidamente.» Una sola célula contiene toda la información para una elaboración estructural de lo que será una maravillosa unidad psicósomática.

El ordenador trata informaciones muy breves, una a una, por riguroso orden, con rigidez y lentitud, con seguridad y sin fatiga, sin sentirse afectado por emociones, homeostáticamente constante en su apreciación de la realidad. De su parte, el sistema nervioso humano, y el de cualquier ser vivo animado, trabajan con lo que Kaufmann llama percepción global de la información, es decir, tratan en paralelo e integradamente enormes cantidades de información. No hay parangón posible, sino complementación entre el aparato orgánico y el aparato artificial; el ordenador es tan tosco frente al cerebro superior como lo era el cuchillo de piedra frente a la mano, y, al mismo tiempo, tan útil como aquél en cuanto a elemento de progreso. Y a los dos son jóvenes, cada uno a su escala: para el primero, de veinte a treinta años; para el segundo, de unos cientos de siglos, y ambos, todavía inexpertos y mal utilizados. (De todos los especialistas en informática es conocido el pobre rendimiento general de los equipos instalados, y en lo que concierne a nuestro cerebro, éste posee una capacidad de la cual sólo sabemos extraer una mínima porción, según nos indican los neurofisiólogos.)

Los últimos párrafos no deben entenderse como una contradicción, sino como una realidad, que destacan más, si cabe, el potencial del cerebro humano y la larga historia de sus logros: el hacha, la rueda, la máquina de vapor, los aparatos de medida y observación, el ordenador.

Gracias al ordenador es posible acumular y utilizar los trabajos y los resultados intelectuales de muchos individuos y extender el efecto de su acción a grupos numerosos. Puede ayudar a realizar una com-

prometida operación quirúrgica, a automatizar el gobierno de una fábrica, a preparar un plan de producción, a penetrar en el conocimiento de la naturaleza a través de cálculos muy minuciosos y precisos—inabordable a la limitada capacidad de cómputo del cerebro humano—, a controlar a distancia la trayectoria de una nave espacial, etc.

UN MUNDO ACOBIANTE DE ESTÍMULOS.

Antes hemos escrito la frase «y su efecto se extiende a grupos numerosos», que da la clave de una clase de instrumentos, cuya repercusión no es ya individual, sino social. Es decir, yo utilizo el instrumento y otros sufren los efectos. Se sabe que las conquistas endosomáticas y exosomáticas se interinfluyen. El hombre y su entorno se modelan mutuamente. Los avances exosomáticos amplían su poder y su área de actuación sobre el entorno, pero éste, a su vez, responde atacando para debilitar alguna de sus funciones: la fuerza muscular, la fuerza moral; empieza a amenazar su salud (recuérdese la contaminación); su sosiego espiritual es hostigado por un mundo de imágenes múltiples y rápidamente cambiantes, por un modo vertiginoso de vida. El humorista Mingote expresa esta situación con agudeza: «Hay que distinguir entre el hombre y el conductor de automóvil, dos individuos bien diferenciados aunque a veces encarnen a una misma persona. Porque el hombre, y en esto se distingue de las demás especies, después de haber evolucionado lentamente durante miles de años, ahora, cogido el tranquilo, evoluciona varias veces al día, pasando de hombre a conductor, y viceversa, con una versatilidad que hubiera asombrado a Darwin.» «Las ciudades son para los automóviles. El hombre así lo ha reconocido y se limita a esconderse en los agujeros acondicionados para eso, dejando que los automóviles se deslicen cómoda y majestuosamente por las anchas avenidas—antes bulevares—, se paren en los sitios para parar—antes aceras—, estacionen en los estacionamientos—antes jardines—y cruce los parques mirando de reojo a los árboles, que dan las últimas boqueadas, resignados a morir para dejar sitio.»

De esta clase de instrumentos muchos responden a unas necesidades, forman parte de la civilización de hoy, pero son irreversibles y generan una evidente vulnerabilidad del cuerpo social frente a su accidental desaparición. Circula por ahí un mensaje publicitario planteando una pregunta que va como envuelta en un halo de absoluta incredulidad ante la posibilidad de una respuesta afirmativa: «¿Se imagina usted un mundo sin sonido?» Parafraseando la anterior pueden componerse otras muchas: «Se imagina usted un mundo sin coches, sin aviones, sin trenes, sin calefacción, sin grúas, sin máquinas excavadoras, sin co-

municaciones...?» Todos ellos son instrumentos producidos por otros instrumentos, y éstos, a su vez, por otros. Una buena parte son instrumentos complejos, y, debido al mismo progreso tecnológico que es su causa, su uso se extiende por doquier antes de ser bien comprendidos, asimilados en sí y en sus ampliaciones. No existiendo el menor sincronismo entre los progresos tecnológico y social, puede ocurrir que se utilicen no para contribuir a un avance homogéneo, a un equilibrio saludable con el entorno vital, sino quizá a una interacción perjudicial.

Poco a poco el entorno vital se convierte en un mundo artificial, dicho en el sentido que Herbert Simon, un científico americano, da a la palabra artificial, para significar, producido o configurado por el hombre, un mundo progresivamente más abstracto, más simbólico, con objetivos que se entrecruzan en todas direcciones, con múltiples interrelaciones, un mundo agobiante de estímulos, difícil de interpretar, cuanto más de gobernar. Hace tiempo que diversas experiencias han dejado muy claro que la ausencia total de estímulos exteriores provoca serias alteraciones en los sujetos. Ya se sabe también que una gran frecuencia en los estímulos a los cuales haya de responderse con un comportamiento basado en el tratamiento cerebral voluntario, como ocurre en determinadas actividades de nuestros días, puede producir enfermedades de origen nervioso. En cambio, lo que no se conoce es si la actual abundancia de estímulos irá precisamente a anular el progreso obtenido en el reciente cerebro nuevo de la especie, el cual, de creer a los especialistas, ni siquiera hemos llegado a utilizar bien. Una respuesta a esta cuestión no puede sino pertenecer al terreno de las hipótesis que parten del hecho de que el porcentaje más elevado de los estímulos existentes sólo exigen un tratamiento a nivel del cerebro inferior o menos.

EL MITO DEL ORDENADOR.

Volvamos al ordenador; resulta interesante reflexionar—cargando un poco las tintas, es posible—acerca de la idea que sobre este tipo de máquinas se han formado dos grupos de individuos. Hay la inmensa mayoría que cree se trata de un aparato mágico, el cual con sólo pulsar un botón resuelve de manera rápida, exacta, brillante, inconcebible, los más intrincados problemas. De otro lado, la inmensa minoría (valga la expresión), especializada, familiarizada con los ordenadores, persuadida de habérselas con máquinas muy rápidas en determinados trabajos y muy estúpidas, ya que no saben hacer más que aquello que se les ordena. Para ordenárselo no basta un botón, sino un detenido complejo estudio previo, donde se trazan con rigor los planes de resolución del problema; un estudio profundo, estimulante y muy a me-

nudo creativo. Al ordenador le queda la rutina, la repetición y los trabajos que el hombre es menos capaz de realizar: el cálculo mecánico y de precisión, el análisis de posibilidades lógicas. No existe perspectiva para enjuiciar la interacción del binomio cerebro-ordenador, insistiendo en que nos referimos al hombre que entiende el ordenador; pero de forma parecida a como el cuchillo de piedra prolongó, en un momento de la evolución, su mano, debilitándole después para trabajos de fuerza y liberándola para trabajos de artesanía; quizá (sólo quizá) el ordenador debilitará alguna función calculista, de por sí bastante pobre, del cerebro. Junto a ello debe generar un incremento de la disciplina mental y, por tanto, de la potencia intelectual, pues es sabido que la «potencia intelectual aumenta con el hábito del razonamiento exacto, el estudio de la lógica, el uso del lenguaje matemático, la disciplina mental y la observación completa y profunda de las cosas. Por el contrario, las observaciones incompletas y superficiales, una sucesión rápida de impresiones, la multiplicidad de imágenes y la falta de disciplina intelectual entorpecen el desarrollo mental».

Si releemos las líneas anteriores de este apartado y consultamos la definición que da el sociólogo Alfred Sauvy de la palabra «mito», no podemos vacilar en calificar al ordenador como tal. Dice Sauvy en la traducción de su obra «Mythologie de notre temps»: «Se entiende el mito como una diferencia profunda y persistente entre lo que opina o cree la mayoría de los seres humanos y la minoría que ha estudiado el asunto.» Un poco más lejos añade los siguientes condicionantes a esta definición: «por una parte, es necesario que los especialistas sustenten opiniones comunes; por otra, que la opinión converja también, pero de modo distinto. En suma, es necesario que haya dos imágenes, no demasiado difuminadas. Además, la separación entre la opinión corriente y la posición científica debe persistir en el tiempo, por la acción de causas que es preciso evidenciar en cada caso».

Lo preocupante en las dos opiniones que ambos grupos se forman del ordenador es que las dos son correctas, en tanto que representan para cada uno de ellos la «realidad» que perciben en su particular sistema de información. El mito, entonces, es la diferencia entre dos «realidades» distintas. (La «realidad», aquí, viene determinada por los cuatro factores que describíamos antes, pero, sobre todo, por el factor biografía y, dentro de éste, por el acoplamiento posición social-coordenadas de información. Ayuda mucho al mantenimiento del mito el predominio en todos nosotros del sistema nervioso afectivo y emocional frente al racional, con notables componentes de lo que los psicólogos denominan mente mágica.) Un gran porcentaje del primer grupo se verá afectado indirectamente en los próximos años por la informática, el ordenador irrumpirá en sus vidas, si no lo ha hecho ya. En su esquema mental,

un botón y otros botones pertenecientes a otros aparatos del progreso técnico gobernarán su existencia, seguramente una existencia más cómoda, tanto en el plano material como en el intelectual. Otro porcentaje del mismo grupo, por su posición dentro de su sociedad, se verán obligados a adoptar decisiones instrumentales que afectarán a extensos sectores de su misma o de otra comunidad o contribuirán a formar la opinión de sectores numerosos. Del segundo grupo, al que hemos llamado la inmensa minoría, un gran porcentaje no tendrá que tomar ninguna decisión social, y del resto, no serán pocos los que, impelidos a ellos, lo harán inevitablemente sobre la base de un conocimiento técnico y no humano del instrumento que manejan.

Con el debido respeto al peligro inherente a extrapolaciones y futuribles, pensamos que de esta situación pueden derivarse dos efectos: a corto plazo, una mala utilización de una nueva conquista del genio humano, con tendencia a la degradación del entorno social. A un plazo hipotético, un retroceso de algunas facultades intelectuales del ser humano, ya que una civilización, más que nada sensorial, en buena lógica no puede contribuir a realizar un acople correcto entre capacidad y rendimiento cerebrales.

NECESIDAD SOCIAL DE UN CONOCIMIENTO ADECUADO A LA INFORMÁTICA

Entrentada la sociedad a estas grandes tendencias, debe adoptar medidas adecuadas de contraposición. Entre las posibles medidas están las que conciernen a la educación, no exclusivamente para crear los técnicos especialistas necesarios, como tan a menudo y justamente viene pidiéndose, sino, por un lado, para crear una colaboración imprescindible entre éstos y los especialistas de las ciencias humanas, y, por otro, y sobre todo, para introducir a los grandes grupos humanos en el conocimiento e implicaciones de las nuevas técnicas de repercusión social, como la informática. Al escribir la palabra «educación», es obvio que se quiere significar desmitificación, clarificación, y que se supone tácitamente a realizar por educadores. Hay gran tarea para todos si queremos controlar las condiciones y formas de vida en nuestro mundo complejo. La informática, junto con otras técnicas, en particular de las técnicas de comunicaciones, se configura como el soporte de los sistemas nerviosos de la sociedad, al servicio de los lazos económicos y políticos entre naciones o entre grupos geográficamente dispersos. Las medidas a tomar, pues, son urgentes, y para asegurarse su eficacia es importante aplicarlas en el punto, en el momento y de la forma más adecuados. A juicio totalmente personal, el punto

es el ciclo común de enseñanza, en esa fase de la adolescencia a la juventud. El momento en nuestro país es ahora, en que se inicia la revisión educativa. El problema central que determinará la evolución de cada sociedad es la educación. En consecuencia, es vital un estudio muy profundo del contenido de la misma para que, al lado de una educación general y adaptativa, de una educación cívica, se introduzcan un reforzamiento de esa fuerza moral de que hablaba Carrel y un saber vivo, comprensivo, de las fuerzas y conocimientos más importantes del tiempo en que vivimos. Con sinceridad, opinamos que entre estos conocimientos hay que incluir la instrucción y entrenamiento al trabajo con ordenadores. Hacerlo en una fase posterior será tarde, por dos razones: la primera, sociológica, porque sólo alcanzaría a alguna de las ramas del árbol educacional, y la segunda, didáctica, porque psicológicamente (recuérdese que en este momento no se habla de futuros especialistas en informática) sería casi imposible luchar contra hábitos adquiridos de razonamiento (se ha comprobado en numerosas experiencias: ocurre algo parecido como con la lucha manifestada entre la forma de razonamiento de lo que ha dado en llamarse «matemática moderna» y lo que la mayoría de los adultos hemos aprendido en matemáticas, ahora denominadas «matemáticas clásicas»).

En cuanto a la forma más adecuada, nos parece que no debe ser objeto de improvisación, sino de estudio y experimentación, en manos de grupos selectos, preparados y muy sensibles ante una tarea cuyos resultados pueden afectar a la futura sociedad. Conviene meditar en palabras como las que siguen, debidas a J. L. Aranguren: «Tengo por cierto que, en lo que se refiere a las máquinas, podemos encarar el porvenir con tranquilidad y confianza. La esclavitud del hombre por la técnica es imposible. Las máquinas, por sí mismas, no son de temer. Ellas no hacen sino multiplicar el poder humano, lo mismo para el bien como para el mal. Si el conjunto de la humanidad quedase reducido un día a un inmenso ejército de autómatas, la culpa no será de las máquinas, sino de los hombres que las habrán manejado y de aquellos que se hayan dejado manejar por unos y por otros. La automatización, como cualquier cosa en la vida del hombre, lleva en sí amenazas y promesas. Pero parece más razonable tener fe en el hombre y sus inventos, confiar en él y en ellos que abandonarse al pesimismo. Suponiendo que la automatización contenga un veneno—lo que es exagerado; únicamente contiene, como acabamos de decir, y empleando una palabra que no conviene demasiado, una amenaza—, no debemos olvidar esa lección de la historia que dice que toda civilización secreta tiene sus antídotos al tiempo que sus venenos. La decisión ética no puede quedar eliminada por una hipotética mecanización del hombre; ese acto de abdicación provendría de nosotros mismos. Ello equivaldría a renunciar a nuestra condición del hombre. El hombre no pue-

de quedar reducido a un haz de respuestas condicionadas frente a un complejo sistema de señales estímulos. Quizá las futuras generaciones verán algún día en la actual revolución de la información lo que nosotros vemos ahora en los ferrocarriles o en la pintura impresionista: un medio de locomoción ya antiguo, un buen elemento decorativo para interiores burgueses, algo que, según nuestro estado de ánimo, nos aparece como una herramienta de uso cotidiano o como una estampa romántica de difusos contornos.»

EDUCACION SOCIAL E INFORMATICA

EDUCACION SOCIAL E INFORMATICA

1 - INTRODUCCION

2 - LA EDUCACION

3 - REPERCUSION SOCIAL DE LA INFORMATICA

4 - LOS ORDENADORES EN LA EDUCACION

4.1 - Sobre el contenido de la enseñanza

4.2 - Ayudas del ordenador a la enseñanza

1. INTRODUCCION

La Educación representa una de las más trascendentales necesidades de nuestro tiempo, con una faz diferente según los países; los países subdesarrollados no tienen más remedio que preparar a sus masas para enmarcarse en las vías del progreso, y los desarrollados o en desarrollo precisan reestructurar sus sectores productivos, con objeto de apoyar crecientemente su economía sobre una base de trabajos cualificados.

En los países en desarrollo, esta necesidad aparece con un doblematiz : cualitativo, en cuanto a la forma y al contenido de la educación, que debe adaptarse a un país en evolución y cuantitativo, por el aumento de su importancia numérica.

La envergadura del problema requiere soluciones de envergadura. ¿Tiene algún papel el ordenador en este planteamiento?. El ordenador es una herramienta, la herramienta intelectual más poderosa - que ha inventado el hombre. Cuando se padece una necesidad y se tiene una herramienta, es preciso estudiar si ésta puede ayudar de alguna manera a resolver aquella. En esta ponencia me permito -- presentar algunas ideas y recomendaciones personales en torno a este problema.

2. LA EDUCACION

Actualmente se habla tanto de educación que parece, a veces, como si ésta se acabase de inventar. Hace muchos siglos que se practica y siempre ha habido buenos y malos educadores. Los buenos educadores son y serán insustituibles, cada día más necesarios y posiblemente escasearán tanto o más que hasta ahora. Pero han cambiado rotundamente las circunstancias en que ésta se desenvuelve. De éstas, las más importantes son :

- a) la demanda masiva de educación
- b) la exigencia de un nivel de calidad y a menudo de especialización
- c) la rápida obsolescencia de los conocimientos adquiridos.

Son razones todas, y no las únicas, que promueven el traslado de la educación, con armas y bagajes, de una etapa artesanal a una -- etapa industrial, crudamente asociada al desarrollo. A partir de este enfoque, nada impide ver la educación como un producto, de calidad y precio aceptables, elaborado para hacer frente a una demanda.

No creo muy probable que haya muchas personas que, tras reflexionar sobre el asunto, quedasen convencidas de que el objetivo actual de la educación sea sólo el de mejorar su calidad. Entran en juego los dos requisitos, calidad y cantidad, pero el motor es el segundo.

Peter Drucker, en su libro *The Age of Discontinuity*, justifica esta afirmación y, además, por referirse a la situación norteamericana, -

../..

nos da una idea de lo que pudiera ser nuestro futuro : "Las industrias del saber" (knowledge industries), que producen y distribuyen ideas e información, suponían en 1.955 el cuarto del producto na-- cional bruto USA. En 1.965 este sector suponía un tercio del -- -- PNB que, obvio es decirlo, era mucho mayor que en 1.955. En-- 1.970 supondrá la mitad del PNB".

Más adelante sigue : "El noventa por ciento de todos los científicos y tecnólogos de todos los tiempos viven y trabajan. En los 500 años después de Gutenberg, de 1.450 a 1.950, se publicaron en el mun-- do 30 millones de libros impresos. Los últimos veinticinco años han visto aparecer una cantidad igual. Hace 30 años, los operarios tra-- bajando en las líneas de ensamblaje constituían el centro de la fuer-- za laboral americana. Hoy, este centro lo forman los trabajadores-- con conocimientos, hombres y mujeres que aplican al trabajo pro -- ductivo ideas, conceptos e información más que destreza manual. -- Nuestra mayor preocupación es enseñar, es decir, el suministro -- sistemático de saber y el entrenamiento sistemático para aplicarlo". "Ya que el trabajador con conocimientos tiende a ser bastante me-- jor pagado que el trabajador manual y también a tener mayor segu-- ridad de empleo, el saber se ha convertido en el principal coste de la economía americana y, por consiguiente, la productividad del sa-- ber es la clave de la productividad, de la fuerza competitiva y del -- logro económico". "En resumen, el saber es ahora el principal cos-- te, la principal inversión y el producto más importante de una econo-- mía avanzada y la forma de vida del grupo más numeroso de pobla-- ción".

A efectos sociales, la educación acaba de empezar o está a punto -- de hacerlo, según los países. La primera necesidad es la de anali

.../...

zar y desmenuzar el proceso educativo (enseñanza y aprendizaje), ponerlo en piezas y después montar las fabricaciones en cadena, - utilizando como envoltura los medios más adecuados : el libro, la - TV, las cintas magnetofónicas, el cine, el ordenador..... o una - combinación de los anteriores. La educación será subsidiaria de la industria de la información. Necesita un nuevo enfoque, nuevos métodos y nuevas herramientas que, puestas en las manos de los educadores, multipliquen y hagan más eficaz su trabajo.

Es arduo razonar en abstracto sobre este tema que obedece por un lado a las leyes del mercado, pero que se complica por el hecho de tratarse de productos dirigidos a mentes humanas, con toda su variedad. Enumeramos algunas de las fases a considerar necesariamente en el estudio previo al lanzamiento de una producción de este índole.

1. Definición del grupo destinatario del proyecto de educación en -- sus aspectos cultural, cronológico, geográfico, numérico, socio_lógico, psicológico.
2. Determinación de las necesidades educativas del grupo en función de su posible destino laboral o social, desglose en materias o - areas de conocimiento X, Y, Z,..... y ordenación de este conjunto. Grado de urgencia.
3. Decisión inicial sobre producción de determinados elementos del conjunto anterior. Por ejemplo el curso X.
4. Elaboración de una lista de conceptos y los niveles de comprensión a alcanzar en el curso.

.../...

5. Elección del método didáctico a seguir y de los materiales y soportes de la información que convienen mejor. Estimación de los costes materiales para la producción prevista.
6. Número y distribución de los especialistas necesarios en la preparación. Indagación sobre su disponibilidad y coste. Fijación de normas de productividad en número de horas por hora de duración de curso, por cada especialista que intervenga en ello. Fijación del nivel de todos los especialistas.

Determinación del tiempo umbral (tiempo necesario antes de poder iniciar los trabajos). Comparación con el grado de urgencia y decisión de la acción a seguir.

Costes y tiempos totales de producción.

7. Instalaciones necesarias de producción. Coste.
8. Tiempo necesario a la producción
9. Gastos previstos de distribución y mantenimiento, tanto materiales como personales.
10. Instalaciones necesarias para la aplicación del producto acabado.
11. Costes totales de personal para la utilización y aplicación del curso. Necesidad de nuevos tipos de especialistas, muchos de ellos con gran capacidad de motivación.
12. Contabilización de todos los costes, reparto entre el nº de individuos usuarios, adición del coste individual de material necesario...

a la utilización del curso y establecimiento del coste terminal o - coste final por individuo y unidad de tiempo.

13. Si el beneficio obtenido justificase la operación y se contase con los recursos necesarios, lanzar ésta. De otro modo, modificar alguno de los parámetros del estudio y rehacerlo. (Nota.- Es frecuentemente muy difícil determinar el beneficio, donde pueden prevalecer los aspectos moral, espiritual, a largo plazo, indirecto, intangible, etc.).

En todo el esquema anterior encontramos una mezcla de elementos cuantificables con otros aún oscuros, discutidos, opinables, de diversa controlabilidad. De un examen del mismo encontramos lo siguiente :

- a) La "economía del saber", como la denomina Drucker, se basa sobre los hombres; son necesarios profesionales imaginativos y preparados que puedan participar en las distintas fases del establecimiento de sistemas educativos, desde su orientación inicial y definición de contenido hasta su aplicación y utilización finales. - Su escasez o inexistencia debe aconsejar la espera prudente durante un tiempo umbral para preparación y estudio de decisiones durante el cual es imposible iniciar la producción de tal ó cual sistema. A mi modo de ver éste es el auténtico punto álgido del problema. Además, después de contar con los profesionales necesarios hay que prever un tiempo, diverso según la importancia del proyecto educativo, para la producción, puesta a punto y primeras aplicaciones de éste.

- b) En contraste con lo anterior puede establecerse ya como factor

../..

optimista y positivo el logro material de avances metodológicos y tecnológicos que permiten y sobre todo permitirán en un futuro - muy próximo, diseñar los soportes y vehículos necesarios a la resolución del grave problema de la educación de masas.

Por una parte, las investigaciones de los últimos años en todo el mundo han establecido diferentes métodos didácticos a utilizar en función de las distintas circunstancias y puesto en claro algunos conceptos fundamentales en torno a la enseñanza y el aprendizaje. Se sabe que el aprendizaje es básicamente "adquisición-de información" y que aquella se consigue preparando ésta bajo un formato constituido por los tres componentes : motivación, secuencia efectiva y validación por repetición. La enseñanza tiene que ver con la persecución de una comprensión a niveles más - profundos, de la aplicación de la información adquirida, de la - síntesis de los conceptos... No se tienen demasiadas certezas - en cuanto a la verdadera estructura del proceso educativo, pero las pocas que poseemos provocan, incluso no bien utilizadas, una automática mejora de la calidad de la educación.

Por otro lado, la tecnología ha producido una gran variedad de medios para generación, comunicación, tratamiento, almacena --miento, presentación y reproducción de la información. Técnicamente nada impide la constitución de sistemas de información, -- donde ésta puede ser utilizada por el público de manera similar a como se hace ahora con la energía eléctrica. La revolución - de la información, desde un punto de vista tecnológico, pondrá - en nuestras manos la posibilidad de seleccionar, obtener y utili-zar en directo o en autónomo, información visual y sonora pro-cedente de los lugares más apartados del mundo. Los ordenado ..//..

res permitirán, además, tomar parte activa en el proceso de -- crear, modificar o controlar el flujo de información.

Ejemplos : . Canal público de TV educativa.

- . Cintas video y magnetofónicas con cursos grabados para estudio en autónomo.
- . Libro con complementos visuales como diapositivas, películas y ejercicios con material práctico.
- . Sistema C.A.I. (Computer assisted instruction) - con consolas gráficas o alfanuméricas individuales.
- . Terminal conectado a un sistema informático para consulta de textos jurídicos, literarios, bibliográficos...

En cuanto a medios de comunicación se cuenta ya desde líneas de diferentes anchos de banda por tierra y mar hasta enlaces -- por vía satélite.

El precio de la información decrece constantemente y de manera drástica. A título de ejemplo, en los ordenadores la información cuesta ahora del orden de 10 veces menos que en 1.960 y la -- velocidad es superior en un factor de 1.000 o más.

Se cuenta pues, con el factor positivo de los logros materiales - pero existe un factor problemático como es el de conjugar todos estos logros en un producto adecuado; en cada proceso de adquisición de la información hay que contestar a estas tres preguntas : ?que información? ?cómo distribuirla en los tres componentes mencionados más arriba? ?dónde soportarla, o sea, que me

../..

dios se adaptan mejor a los mecanismos mentales y a las circunstancias personales y ambientales de los destinatarios?

No hay respuesta general a estas tres preguntas, sino que cada proyecto debe buscar la suya propia en función de los datos del mismo. Nuevamente llegamos a la conclusión de que medios existen, pero no sabemos todavía utilizarlos bien.

- c) No hay que perder nunca de vista la noción de "coste". Son importantes el coste global, el coste terminal y, si se puede, el beneficio. Cualquier proyecto que desdeñe este aspecto, se está elaborando sobre bases poco realistas. Insistiendo, debe especificarse de forma muy concreta al dar cifras la definición de coste que se ha considerado en los cálculos.

Dentro del capítulo de costes, la partida correspondiente a medios materiales es siempre de menor importancia que la de medios humanos.

3. REPERCUSION SOCIAL DE LA INFORMATICA

Al hablar de los proyectos de sistemas educativos, he citado un poco como de pasada los medios materiales de la información. Algunos de éstos no deben contemplarse únicamente con una mirada técnica, sino que merecen atención aparte, por su repercusión social, y ya la han obtenido, como atestiguan los trabajos de Macluhan y -- otros muchos autores y, entre nosotros uno, muy interesante de --- Aranguren (La comunicación humana). La informática aún no la ha merecido, al menos de una manera seria, según mis noticias. Hay un trabajo de Ithiel de Sola Pool en el número de la revista Science and Technology de Abril de 1.968, dedicado a la revolución de las comunicaciones, en que presenta a la informática como elemento clave para sustituir los típicos "mass media", que distribuyen pocos mensajes a una multitud de receptores, por un medio interactivo, --- ajustable a los deseos del usuario. Con ello se introduciría en la so ciedad una poderosa fuerza hacia la fragmentación y la variedad, en lugar de la unicidad, de la pasividad y de la monotonía.

En Junio de 1.970 se celebró una importante reunión en Burdeos, - de la cual he tenido noticia hace muy poco, al caer en mis manos -- un número suelto de L'Informatique (nº 10, Nov. 1.970). Convoca dos por el Instituto de la Vida, y a instancias de su director, el -- profesor y biólogo Marois, se han reunido durante tres días los ma yores especialistas del mundo en informática para estudiar la cues -- tión del impacto de su obra en la sociedad. Dos cosas han atraído - mi atención :

1ª los especialistas no dudan que el impacto será grande -de otro -- modo no hubieran acudido a la convocatoria- pero difieren enor --

../..

memente en su visión de las posibles consecuencias.

2a el coloquio transcurrió absolutamente desapercibido, pese al tema y pese a las personalidades del más alto calibre científico que en él intervinieron. De varias decenas de periodistas invitados, sólo tres se dignaron acudir.

Puede pensarse que ello está perfectamente dentro del orden de las cosas, que quiere que nos ocupemos de la trascendencia de nuestros actos cuando sus consecuencias se han dejado largamente sentir, la atención pública ha pasado al estado de alerta y las soluciones son ya difíciles o imposibles.

La informática merece muy seria atención en los aspectos sociales y sería prudente ocuparse de ello desde ahora, con objeto de intentar gobernar su implantación en el sentido más acorde con un desarrollo armónico de nuestra sociedad. No es cuestión de problemas locales o personales, como pudiera ser el trastorno laboral provocado en una entidad cualquiera a la aparición del ordenador, pues está demostrado que crea más puestos que destruye, y abre nuevas profesiones, sino de la relación del ordenador con la evolución de la vida del hombre, y en consecuencia con su futuro.

De la especie humana resulta notoria su tendencia a aumentar su índice de cerebración (el volumen de su cerebro) y su factor de prolongación instrumental. Ello ha originado, entre otras cosas, formas sociales de vida estructuradas en virtud de innumerables y complejos estímulos, muchos de ellos informativos, cuyo alcance y ordenación escapan al control de la inmensa mayoría de los individuos que forman tal sociedad. El hombre se amplía a sí mismo, se prolonga --

por medio de los instrumentos. Si nos fijamos solamente en los tiempos actuales, unos ejemplos corrientes nos permitirán apreciar hasta qué punto se han producido cambios en sus organos sensibles y ejecutivos, que llevan y traen mensajes a su sistema nervioso, que conforman su realidad. Están el teléfono, la radio, la televisión, el microscopio electrónico y el telescopio. Puede ver u otr lo que ocurre en cualquier parte (en la luna, por ejemplo) "ver" la onda cardíaca de otro individuo situado, incluso, a cualquier distancia. Puede levantar y transformar terrenos, desplazarse a gran velocidad por tierra, mar y aire. Consecuentemente, también se han desplazado los límites de sus posibilidades de observación y de acción.

Finalmente crea y perfecciona un instrumento que prolonga brusca--
mente, en cuanto a posibilidades, su actividad mental, un instrumento que representa una complementación a su cerebro creciente : el or--
denador.

A mi modo de ver existe un paralelismo en el grado de rendimiento--
que el hombre obtiene de su cerebro y del ordenador. De todos los especialistas en informática es conocido el pobre rendimiento general de los equipos instalados y en lo que concierne a nuestro cerebro,--
éste posee una capacidad de la cual sólo sabemos extraer una mínima porción, según nos dicen los neurofisiólogos. Es posible que haya que esperar durante un "tiempo umbral" para utilizar todas las --
posibilidades técnicas de la informática actual, el tiempo necesario a la creación de los especialistas en el número y con la calidad nece--
sarios y a la sensibilización y comprensión de todos los que pueden verse implicados en la acción de la informática.

Pero es fundamental que esas posibilidades técnicas se utilicen para
.../...

el beneficio de la sociedad; que no tiene por qué coincidir solamente con la optimización del rendimiento técnico de cada máquina.

En la perspectiva en que hemos situado al ordenador, como uno de los últimos productos de la evolución del hombre, que amplía-- contundentemente la forma y la intensidad de su acción, hay que resaltar que no comprendemos aún bien cual es su repercusión sobre el funcionamiento de la sociedad. El ordenador se sitúa en una línea avanzada de instrumentos complejos cuyo uso, debido al mismo progreso tecnológico que es su causa, se extiende profusamente,-- antes de ser bien comprendido per se y por sus implicaciones. Dado que no existe el menor sincronismo entre los progresos tecnológico y social, puede ocurrir que no se utilice en el mejor sentido-- para un desarrollo favorable de la sociedad, digamos en su dimensión histórica y no sólo económica.

4. LOS ORDENADORES EN LA EDUCACION

En vista de todo lo que se acaba de decir, creo muy necesario que se estudie con profundidad, en función de los datos actuales de nuestro país y de otros países más avanzados en este campo, una perspectiva de las repercusiones sociales de la informática a medio y largo plazo, para intentar marcar unas pautas convenientes y orientadoras de desarrollo. Inútil insistir que este estudio debería ser conducido con una seriedad y una óptica tan alejadas de la realidad absolutamente inmediata como de la ciencia ficción.

Por lo que se refiere a la educación que, como se dijo al principio y para volver al objetivo de esta ponencia, es tema de índole social queda por ver de qué formas pudiera la informática ayudar a la educación y si la educación puede ayudar a la informática.

4.1. Sobre el contenido de la enseñanza

Contestando primero a la segunda de las preguntas y apoyándonos en razonamientos del apartado anterior, considero imprescindible proporcionar educación en informática a los siguientes grupos de individuos.

1º a los presentes y futuros especialistas en esta actividad

2º a todos los que ocupan algún puesto de mando o decisión o pueden orientar o configurar la opinión pública

3º a los escolares en el último año de la Educación General Básica y en los cursos del llamado Bachillerato Unificado.

.../...

Esta recomendación encaja en lo que pudieramos denominar, - desmitificación y preparación del futuro.

Me entra el temor de que esta recomendación pueda parecer-- exagerada, pero pienso en la enorme fuerza de penetración del ordenador, que surge en casi todas las actividades del hombre, aspira a extenderse con rapidez vertiginosa-como corresponde - a su papel de instrumento central de la información en un mundo de información, que en la mente de la mayoría de las personas se mantiene al nivel del mito, y encuentro que la solución - es preparar los planes para destruir este mito lo antes posible. Primeramente, creando especialistas.. Segundo, dotando al grupo de mando y decisión de un cuerpo de ideas correctas acerca del papel, de las posibilidades y de los inconvenientes de la informática, para que sus decisiones y sus orientaciones sean-- correctas.

Por último, incluir la instrucción y entrenamiento al trabajo con ordenadores en los cursos de los muchachos de 14 a 18 años. Para ello hay varias razones :

- . la primera, de carácter principalmente logístico, es que la-- forma más económica y rápida de instruir en el conocimiento de base de los ordenadores a una gran población es hacerlo en el nivel escolar, obligatorio y común para todos. (Parti-- mos de la hipótesis de que dentro de unos años estas máqui-- nas serán de uso habitual).
- . en segundo lugar, tenemos la certeza de que el mundo futuro va a ser aún más cambiante, la obsolescencia de los conoci--

../..

mientos se acelerará y el juego de "especialización-despecialización" será cosa corriente en la vida activa de un hombre. Por consiguiente estamos obligados a educar desde la infancia a partir de aquellos conocimientos verdaderamente sólidos y potentes, como pueden ser el hábito del razonamiento y el uso de los complementos instrumentales. Esto lo expresa con claridad meridiana y en muchos momentos el documento "Bases para una política educativa" del Ministerio de Educación y Ciencia. Entresaco dos párrafos de la segunda parte, apartado VI, Bachillerato. Uno de los objetivos de este nivel es "procurar, más que el acopio y extensión de los conocimientos, la capacitación para la interrelación de las nociones y -- para organizarlas en síntesis personales y coherentes. Por otro lado, se preconiza insistentemente la participación activa del alumnado : "Las clases no deberán ser exclusivamente-- expositivas. El profesor no será un mero informador y el--- alumno un ser receptivo, cuya mente se va convirtiendo en-- un fichero". Cualquiera que conozca el trabajo y la función-- de los ordenadores no dejará de advertir que son precisamente estas tendencias las que potencia en mayor medida.

- en opinión muy particular, me atrevería a afirmar que existe además una razón de tipo didáctico. Por supuesto, creo que las primeras nociones y utilización del ordenador deben darse como complemento o parte de las matemáticas. Naturalmente, ello obligaría a presentar éstas con un enfoque algo diferente, condicionado por el ordenador, que podría llamarse enfoque-- algorítmico. Hoy por hoy, y siempre según mis impresiones, este enfoque es difícil de ser asimilado a partir de un cierto nivel de formación. Es algo así como si en ese punto una--
- .../...

cierta estructura de razonamiento se hubiera solidificado y rechazase cualquier cambio. No es extraño, esto encaja bien con el hecho de que en nuestro proceso de aprendizaje el componente "validación y repetición" nos es presentado con mayor intensidad en los años de la infancia o adolescencia. En teoría son esos los años ideales para recibir las primeras nociones sobre ordenadores.

En Estados Unidos se inició en 1.964 un programa de investigación para elaborar un método de enseñanza del ordenador a nivel bachillerato, que se terminó en 1.966 y se ha seguido perfeccionando hasta 1.969 por el School Mathematics Study Group. En España, ha tenido lugar este mismo año una interesante experiencia por el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, con muchachos de varios centros escolares, realizando programas a partir de un lenguaje con algún grado de libertad.

Recordemos que en el primer apartado de esta ponencia se apuntaban unas fases para el estudio de un proyecto de sistema o producto educativo. A decir verdad, si se quiere ser realista, habría que seguir una por una aquellas fases u otras similares para obtener con una aproximación adecuada datos tales como :

- . tiempo necesario (tiempo umbral + tiempo de producción y lanzamiento)
- . selección de métodos didácticos y soportes de la información

. costes (coste global y coste terminal)

4.2. Ayudas del ordenador a la enseñanza

A la pregunta sobre de qué formas pudiera ayudar la informática a la educación, se me ocurren varias cosas. En primer lugar, como acabo de responder a la pregunta anterior, constituyendo un saber más activo, potente y desligado de datos y otras contingencias que bloquean. Pasaría a ser un auténtico instrumento de trabajo, de consulta y de comunicación. A mí entender, ésta sería la más trascendental aportación de la informática a la educación, encajándose como contenido y objeto de la misma.

En segundo lugar, y también sin vacilación, diría que los ordenadores pueden y deben ayudar a la educación en aquello -- que, en la actualidad, les es más habitual : la gestión. Los problemas de administración, planificación y coordinación de -- los centros educativos irán ineludiblemente al cargo de las máquinas. Esto es obligado desde el momento en que hablamos -- de educación social, de educación de masas. Los centros deben dedicarse a producir e impartir educación, aligerando todo lo posible su inercia administrativa.

En tercer lugar, está la ayuda que podría esperarse del ordenador como profesor o soporte activo de la información educativa. En este punto no sabría pronunciarme con seguridad. No tengo experiencia real en este tema. Ultimamente se han pronunciado bastantes conferencias y publicado artículos en España acerca de este tema, en particular sobre C.A.I. (Compu-
..../..

ter Assisted Instruction ó Enseñanza asistida por Ordenador). A mi conocimiento ninguna de estas personas ha puesto en --- marcha un C.A.I.

La mayoría resalta la ventaja de una enseñanza individualizada a una gran audiencia estudiantil, puesto que el ordenador es infatigable y puede repetir indefinidamente la misma lección a estudiantes que se suceden delante de las consolas. El método empleado es el de la enseñanza programada y existe diálogo hombre-máquina. El ordenador no sólo imparte sus lecciones en régimen adaptativo sino que lleva una estadística y evaluación del progreso del alumno, lo que permite, entre--- otras cosas, analizar los errores más frecuentes y optimizar la lección.

Los inconvenientes más notorios son éstos :

- . rigidez en los lenguajes para el diálogo con la máquina
- . rigidez en los materiales técnicos de trabajo : consolas y otros
- . rigidez en los formatos de la información, en general alfanumérica y secuencial (por tanto escasa e inadaptada a los canales de admisión del individuo humano).
- . elevado tiempo de producción. Un estudio de Diebold estima que hasta 1.969 se habían producido sólo unos 300 cursos, en 10 años aproximadamente.

Un informe correspondiente a un viaje de estudios efectuado a los Estados Unidos en Octubre de 1.969 por especialistas ---

.../...

franceses, publicado en Les Cahiers de l'Institut National pour la Formation des Adultes nos dice que la duración efectiva del trabajo de preparación es muy difícil de apreciar. Para una sesión de una hora de alumno :

- . En San Diego (Formación de reclutas del Ejército) necesitan de 50 a 400 horas, en cursos de Electricidad y Electrónica.
- . En Austin, un curso de 50 horas de Química General ocupó a un profesor durante dos años a tiempo completo, junto con otras cuatro personas a tiempo parcial.
- . En Alexandria no eran capaces de precisar el número de cientos de horas. Un curso de Cobol fué preparado por un equipo de 10 a 12 personas durante 18 meses. El curso no se había utilizado todavía en el momento de la visita.
- . Otros centros estiman entre 100 y 250 horas y otros no tienen la menor idea.
- . coste elevado; aquí también las cifras difieren grandemente y resulta difícil compararlas, pues los estudios consultados no aportan una definición del criterio de coste. En último extremo, el dato más interesante sería el coste terminal : coste por hora del alumno.

Aquí se presenta la misma dificultad, pues no existe unicidad de criterio.

- . en Harvard Computing Center, 10 dólares

.../...

- . en M.I.T., 6 dólares
- . en el Colegio de Medicina de San José, 3'50 dólares (donde no incluyen el trabajo de los profesores)
- . en el Dartmouth College, 2 a 3 dólares
- . en Urbana, programa PLATO para 4.000 terminales simultáneos en 1.972-73, alrededor de 30 centavos. Este informe no aclara si en este precio se incluye el trabajo humano de preparación y mantenimiento. Creo que no, al menos de una forma precisa, porque en la revista IEEE Transactions on Education, Sept. 1.970, donde Israel Pressman resume su investigación en un artículo titulado "Computer-Assisted Instruction : a survey", establece que los mismos autores de este proyecto reconocen que el coste de preparación por hora de curso oscilará entre 200 y 2000 dólares.
- . dificultad de adaptación de un material a otro y hasta de un país a otro, dadas las diferencias de niveles, de planes de estudio e incluso de lengua de expresión.

Una vez más insisto en que para lanzar un proyecto realista de CAI sería aconsejable seguir la pauta de fases para un estudio previo señaladas en el apartado primero. Una cuestión importante en esa guía es el punto 5 sobre la idoneidad de los soportes de la información a seleccionar en el proyecto. Respecto al ordenador no creo que haya una respuesta clara. El ordenador es una máquina que, como todo el mundo sabe, tiene una alta capacidad y velocidad de lógica y memorización de datos, pero sufre muy serias limitaciones en el diálogo con el hombre en cuanto a la adaptación a los canales naturales de --

información de éste. Cabe en cada caso preguntarse si la opción CAI es conveniente, habida cuenta de los costes en tiempo y en dinero y del rendimiento educativo relativo a otros sistemas.

En Estados Unidos, donde se ha realizado numerosas experiencias en este terreno, muchos albergan dudas sobre la efectividad directa del procedimiento CAI. Pasadas las primeras efusiones de entusiasmo, la tendencia parece desplazarse a los CMI (Computer managed instruction ó Enseñanza gestionada por ordenador), donde todo el proceso de la enseñanza es dirigido por un ordenador. Este, además de impartir cursos por el procedimiento CAI, administra también enseñanza "offline", dirigiendo al estudiante a sesiones de discusión en aula, de cine, de conferencias, de laboratorio, etc. Este enfoque "multimedia" (diversificación en cuanto a los medios) permite utilizar cada fuente de información y de instrucción en el contexto y en la proporción más eficaces. Contemplado desde lejos parece como si los norteamericanos, después de unos años de culto a la técnica por la técnica, intenten enfilarse en dirección más acorde con la verdadera naturaleza del ordenador y del hombre.

Este enfoque, mucho más centrado en el individuo y en la materia a enseñar que en la misma máquina lo siguen en la Universidad de Lovaina en el centro IMAGO, dirigido por el profesor Jones. La experiencia es muy interesante desde el punto de vista pedagógico y cualitativo, más que desde el numérico, pues hasta el momento sólo han producido un curso completo de Física de 1er. año de Universidad y partes de otros dos o tres. En IMAGO combinan de manera magistral los tres

componentes necesarios a la adquisición de la información, antes mencionados:

- . motivación : por medio de la TV
- . secuencia efectiva : por libro programado y cinta magnetofónica
- . validación : ejercicios presentados por la TV, el libro programado y el manual de laboratorio.

El ordenador, que no está presente en IMAGO más que a través de unas consolas, (se trata de la red de Time-Sharing de Honeywell Bull, centralizada en Bruselas), se encaja en el sistema con las siguientes tareas principales:

- . evaluación de las aptitudes del alumno a nivel de : a) los conocimientos, b) el razonamiento y c) la creatividad.
- . gestión del aprendizaje definiendo unas alternativas típicas de formación y optimizando los caminos.

El profesor interviene a petición del alumno, cuando éste no encuentra satisfacción en el sistema de aprendizaje. El equipo humano del profesor Jones está constituido por 6 especialistas en Informática, por 4 profesores, que son los usuarios del sistema, y por 5 psicopedagogos.

Las experiencias de fuera deben servir, bien ponderadas, para encontrar mejor el camino de nuestras decisiones y ganar tiempo. Si la teoría apuntada en esta ponencia de que el ordenador, es, en su esencia histórica, un complemento instrumental poderoso de la actividad mental del hombre y que, como toda esta gama de instrumentos exigirá un tiempo de acoplo, nos conviene valorar este dato y planificar la adaptación de nuestro país, para realizarla con serenidad y en el mejor beneficio para todos. Para este fin pueden servir las recomendaciones de esta ponencia y muchas otras procedentes de otras personas en una tarea a la cual brindamos nuestra colaboración.

ENSEÑANZA, INVESTIGACION Y FACULTADES DE INFORMATICA,
EN UN CONTEXTO DE PREDOMINANTE INFORMATICA-NEGOCIO.

por F. Sáez Vacas

E.T.S.Ingenieros de Telecomunicación

ENSEÑANZA, INVESTIGACION Y FACULTADES DE INFORMATICA,
EN UN CONTEXTO DE PREDOMINANTE INFORMATICA-NEGOCIO.

(Las ideas principales de este texto se expusieron por parte del autor en una Mesa Redonda sobre la Enseñanza de la Informática, celebrada el día 15 de Abril de 1.976 en el Centro de Cálculo de la Universidad Complutense).

El decreto 327/76 sobre estudios de informática establece estos a nivel de Educación Universitaria y de Formación Profesional. La educación universitaria se plantea en términos de Departamentos Interfacultativos y de Facultades específicas y por tanto de nueva planta. El decreto 593/76 crea Facultades de Informática en las Universidades Politécnicas de Barcelona y Madrid y la Universidad de Valladolid (S. Sebastian). Este último decreto, en su artículo 3º, establece que una Orden Ministerial determinará la fecha de comienzo de las actividades, previa dotación de instalaciones y medios docentes. Una Orden Ministerial de 5 de Junio de 1.976 dispone el inicio de tales actividades en el año académico 1.977-78 y autoriza, hasta entonces, la creación de unas Comisiones Gestoras de las mencionadas Facultades.

La creación de una nueva especialidad dentro de una carrera universitaria y, más aún la de una nueva carrera universitaria provoca una serie de cuestiones entre las que aparecen como fundamentales las que atañen a la oportunidad y viabilidad de esos nuevos estudios en el entorno social y profesional implicado por los mismos. Es

en esta última perspectiva en la que voy a situarme.

No hay que plantearse la cuestión de si hay que preocuparse del entorno, la misma Ley de Educación, en su artículo 30, nos dice que las finalidades de la Educación Universitaria son: "... preparar a los profesionales que requiera el país y atender al perfeccionamiento en ejercicio de los mismos.... desarrollar la investigación en todos los niveles con libre objetividad y formar a científicos y educadores.... contribuir al perfeccionamiento del sistema educativo nacional, así como al desarrollo social y económico del país". Es una respuesta afirmativa: hay - que preocuparse del entorno, y mucho.

Por eso, no es ocioso, ante la creación de Facultades de Informática, preguntarse: ¿hacen falta licenciados en informática?. Oficialmente - por decreto - es - que sí, aunque, claro, nadie ha justificado tal afirmación. Luego volveremos sobre este tema; ¿Qué tipo de licenciados en informática y a qué ritmo habrán de producirse?. Esta última y doble pregunta es de evidente importancia, puesto que guarda relación con la estructuración de los planes de estudio, con la dotación de las facultades y con la necesaria información pública para que todo el mundo supiera bien a qué atenerse. Nadie podría contestar la seriamente, así de bote pronto, sino después de un estudio largo, cuidadoso e integrador de todos los factores en juego.

Me voy a concentrar entonces en la cuestión de oportunidad ¿hacen falta licenciados en informática en España?, y daré mi opinión sobre las condiciones de VIABILIDAD de tales licenciados.

Recojamos algunos hechos e hipótesis:

1. En España hay unos 40.000 profesionales de la infor

mática (G. Alarcó, Informática 15/1/1.976). Son los que hacen funcionar todos los días los ordenadores en este país.

2. Un elevadísimo porcentaje del número anterior practica lo que se suele llamar "informática de gestión". Es obvio que existen ingenieros y miembros de otras profesiones que utilizan el ordenador como herramienta de ayuda en su trabajo específico. A éstos no los podemos considerar profesionales de la informática.
3. Los canales de formación de este personal son estrechos y escasos por donde sólo fluye lo mínimo y lo específico, casi casi en régimen de goteo. De esta red se escapa una pequeñísima proporción de profesionales, a base de plan esforzado autodidacta o por algún otro medio "heterodoxo".
4. La calidad de la informática practicada es mediocre, consecuencia inmediata del apartado anterior y de otras causas que no se analizan aquí. (Sabemos que hay excepciones que, como es tópico, justifican la regla).
5. Un gran porcentaje (¿cual?) de los informáticos profesionales proceden de la propia empresa informatizada, y adquieren esta nueva profesión en un abrir y cerrar de ojos (2-3 meses de formación).
6. Gran mayoría de la profesión estimarla elusorios, -descentrados de la realidad e inútiles, conceptos y métodos de informática de alguna complejidad. La informática real no necesita tanto follón de estudios, opinan bastantes. Muchos no aprecian seriamente la existencia o al menos la necesidad de otro tipo de informática.

7. Los titulados del actual Instituto de Informática (incorporado a la correspondiente Facultad por Decreto 593/1.976) que no estén trabajando simultáneamente como profesionales de la misma, carentes de práctica y con el lastre de imagen que acabo de reseñar en el punto 6, tienen dificultades para emplearse, tanto más si son puramente estudiantes y por tanto no figuran en el apartado 5. Salvadas todas las dificultades, se emplearán normalmente como programadores - es lo que viene ocurriendo - aunque posean el título más elevado que es, hasta aquí, el de técnico de sistemas. Esto es lo que hace pensar que el I. de Informática funcione, a lo mejor y por mor de circunstancias básicamente ajenas a su voluntad, como la Academia de Formación de Programadores más cara de España.

Vistos los 7 puntos anteriores, cabe - desde la profesión - juzgarse innecesario el establecimiento de un nivel universitario de la misma. Digo esto dejando aparte la opinión cómplice de aquellos profesionales afectados de titulitis o de quienes vean en todo esto una oportunidad de medro o de ensalzamiento personal.

Más aún, podría profetizarse que la imagen mítica de la informática y de los ordenadores va a empujar a muchos estudiantes, sobre todo jóvenes, a franquear abrumadoramente las puertas de las nuevas facultades y que, al término de sus estudios (con todos los inconvenientes que tal masa puede provocar en la calidad de la enseñanza ante medios seguramente reducidos) tendrán dificultades para colocarse y se frustrarán por el nivel de empleo conseguido. Es de prever asimismo un decremento del nº de colocaciones de ingenieros y licenciados que actualmente se ocupan en Informática (Telecomunicación, ICAI, Industriales, Montes, Ciencias Físicas y Matemáticas, etc.), ya de por sí asíduos componentes de las filas de subempleados y parados. Por otro lado y esto es muy importante, salvados una vez más -

los aspectos de titulitis que, en este país obseso de estas cosas, pueden tener su importancia y no pequeña, ¿quién se ocupa de formar más generosamente y actualizar a estos profesionales "que ya están"?

Hemos hablado de 40.000 profesionales en activo, pero una cifra que encaja nemotécnicamente redonda con la anterior es la estimada como gasto en informática en este país en el año en curso: 40.000 millones de pesetas. No parece inteligente gastar tanto dinero de manera ineficiente. Estas cifras indican, a mi modesto entender que, más que los mismos profesionales, deben ser las empresas, el país en general, quienes deben interesarse en gastarselas útilmente. Para ello, entre otras cosas, hay que dar mucha mejor formación y más continuamente, a los profesionales activos y a los que se incorporen en lo futuro. Esto es obvio y no descubro nada, pero el problema es ¿quién da esa cantidad y calidad de formación? Conozco pocas cosas que puedan improvisarse, pero desde luego formación en cantidad y calidad es de las que menos, y esto lo digo con plena seguridad.

Bien, esto me lleva al punto siguiente:

Si una parte de la profesión contestase -como - estoy suponiendo - que no es necesaria la facultad de informática, yo diría que no tiene razón porque no ve el problema en su conjunto y hasta creo que tal parecer sería un efecto del proceso de sedación a que está sometida nuestra informática y al que voy a referirme más tarde. De otra parte, el Gobierno, al decretar la regulación de los estudios de informática, practica lo que los ingleses llaman - un "piecemeal approach" o resolución a cachos, a no ser - que a tiempo y de forma coherente regule todos los elementos de este complejo problema.

Por ello, mi respuesta es sí a los licenciados -

en Informática, pero.... veamos antes otros factores.

No es posible practicar un buen nivel de informática si no se posee una estructura mínima de investigación y de formación. La correlación entre ambos factores es universalmente reconocida. En este país no hay prácticamente investigación en informática y la formación, no sólo no bebe en aquella, sino que, como ya hemos dicho más arriba, bebe generalmente en canales estrechos y condicionados o se nutre de su propio esfuerzo individual. Por consiguiente, la informática de por aquí es una informática de 2ª ó 3ª -mano, mal que nos pese. Pero de todos es sabido que por el ancho mundo una buena parte de la investigación se hace en la universidad, lo que da un sólido argumento para justificar el despegue de las facultades.

Hay obstáculos que pudieran dar con este proyecto en tierra y no sólo serían la actitud de muchos profesionales y la propia parcialidad de las medidas públicas. Personalmente entiendo que estamos metidos en una trampa, cuyos mecanismos debemos investigar y desmontar, como paso previo al despegue de nuestra informática.

La trampa a que me refiero es que nuestra informática está sedada, - no secuestrada como he leído en algún sitio -, para que no se dé cuenta de su minusvalidez ni sea capaz de objetivar sus males. Es mi impresión que, desde un cierto punto de vista, existen cinco informati-cas: la informática-ciencia (saber y saber hacer), la informática-industria (desarrollo y producción), la informática-negocio (mercado), la informática-uso (consumo), y - la informática-mito (telón de fondo). Una actividad informática nacional plena debe poseer dosis de las cinco mencionadas, pero en España sólo están las tres últimas y la informática-negocio es quien organiza y controla la sedación. Por supuesto que tiene sus cómplices, por ignorancia, por dejación, por interés, por lo que sea. La conse-

cuencia es que la informática-uso está mediatizada y desconectada de los circuitos científicos e industriales y que, para mayor inri, los ignora hasta como elementos de comparación. Queda, pues, como célula receptora, pasiva, consumidora, pagadora y, ya digo, sin conciencia del triste papel a que se ve sometida. Item más, incluso agradecida, en ocasiones.

Para mí, la creación de estudios superiores de informática, podría y debería suponer la introducción en España de dosis de informática-ciencia * e informática-industria, destinadas a alejar a nuestra informática del estado ** en que se encuentra.

La viabilidad de este deseo pasa, entre otras, - por las siguientes condiciones:

- a) Sensatez y claridad de ideas en los encargados de llevar adelante el empeño.
- b) Que en los ámbitos laboral, industrial, etc. se adopten medidas igualmente sensatas, claras y sin-

* Entiéndase informática-ciencia en un sentido amplio, como actividad generadora de saber y de saber hacer. No sólo, como algunos temen, en tanto que actividad exclusivamente teórica o teorizante.

** En este trabajo se está analizando una parte, aunque fundamental, del problema de nuestra informática. Huelga decir que las soluciones generales deben venir de la mano de un Plan Nacional, pertinente y realista en el que la investigación y la formación serían piezas claves pero no independientes.

cronizadas con las que nos ocupan ahora, en relación con los problemas conexos.

- c) Creación y dotación de estructuras mínimas de inves
tigación, partiendo de decisiones congruentes en -
cuanto a los aspectos y categorías de la misma (c.f.
un informe del autor al IV Plan de Desarrollo desde
el Grupo Especial de Informática).
- d) Creación y dotación de estructuras de formación de
los profesionales del sector, referidas a los pro-
fesionales en activo, tanto en lo que atañe a su -
actualización cuanto a su posible integración en -
los respectivos niveles universitarios.
- e) Formación profesional revalorizada y en condicio-
nes coherentes con una informática digna, y no es-
trecha y contingente como la que reciben en estos
momentos la mayoría de los nuevos informáticos.
- f) Información objetiva y precisa sobre los aspectos
técnicos, humanos y profesionales de la informáti-
ca, incluyendo la ayuda necesaria a la implantación
de estudios adecuados a niveles educativos ante-uni
versitarios y universitarios no informáticos. Reducci
ón general de la dosis de informática-mito.
- g) Tiempo y trabajo duro.

Los puntos anteriores, sin ser exhaustivos, indí
can un programa muy ambicioso, no cuantificado desde luego,
que, de ser tomado en cuenta, crearía salidas naturales pa-
ra los futuros licenciados en informática-aparte de las -
que en todo momento pudieran ya existir - tendería a resol-
ver los graves y cuantiosos problemas de formación de los
actuales y futuros profesionales (hoy día imposibles de re
solver honradamente) y plantearla las bases de un cierto -

grado de independencia, si no tecnológica, si conceptual y metodológica, y consecuentemente elevaria el nivel de racionalidad y eficiencia del empleo de los ordenadores en este país.

Bueno, seamos optimistas y supongamos que los dos primeros puntos se alcanzan satisfactoriamente, aunque esto siempre sería opinable. Pero no podemos olvidarnos del huevo exterior y lo que, al respecto, establece mi "huevorema"* (Ver Anexo)

Aplicando el macroscopio ** (macroscopio, no microscopio), enfocado a destacar sólo los niveles relacionados con el objeto de nuestro trabajo, las facultades de informática, podemos distinguir los siguientes huevos:

1. Huevo exterior, el entorno general, con sus específicos sistemas político, económico y social. (Estos sistemas podrían ser considerados a su vez como huevos sucesivamente encajados unos en otros, pero -

* Presentado en Mesa Redonda sobre un Nuevo Plan de Estudios de Ingeniería de Telecomunicación el 5 de Abril de 1976. Extractamos aquí en anexo el modelo de los huevos de mi ponencia en aquella Mesa Redonda, publicada por la Asociación Española de Ingenieros de Telecomunicación.

** El macroscopio ayuda a pasar por alto detalles que normalmente perturban el raciocinio y que no son sino nubes delante de lo esencial. De Rosnay dice que el macroscopio "está destinado a todos los que intentan comprender y situar su acción. A los grandes responsables de la política, de la ciencia y de la industria, y a cada uno de nosotros".

aquí vamos a simplificarlos en un único huevo). Si nos interesamos por una cualquiera de las actividades de nuestra sociedad aparecen elementos diferenciales, es evidente, como ocurre con las cinco informáticas y sus pesos e interrelaciones.

2. Huevo n° 2: la universidad, esto es, el sistema unversitario.

3. Huevo n° 3: las no-natas facultades de informática*.

La aplicación del "huevorema" es obvia, se deja - como vulgarmente se dice - al cuidado del lector. La consecuencia más importante, en relación con el huevo n° 2, - es que si se quiere cambiar nuestra universidad hay que - cambiar la forma y tamaño del huevo exterior. Cualquier - otro modo va en contra del "huevorema" y, por otro lado, - no se puede prescindir del huevo exterior; esto último se- ría transgredir las reglas del juego.

La ventaja del "huevorema" es que es recurrente. Es decir, cualquier huevo puede ser, a su vez, considerado como exterior. Entonces, no es posible conseguir una facultad de informática que no tenga la forma y el volumen máxi mos delimitados por el huevo n° 2, que está delimitado por el n° 1 (aplicación directa del "huevorema" y de los "huevolarios" H1 y H2). Al decir las facultades de informática - nos referimos también a las condiciones de viabilidad de - las mismas, puntos c) en adelante expresadas más arriba, -

* A lo mejor habría que considerar aquí niveles regionales. En un futuro puede perfeccionarse este modelo, como el 2º- informe al Club de Roma mejoró el primero.

aspectos todos relacionados con los sucesivos huevos, envolventes.

En la aplicación de mi "huevorema" a las circunstancias actuales encuentro las raíces de mi escepticismo. Creo que los encargados de diseñar las facultades de informática pueden hacer un buen trabajo sobre el papel, pero - éste será un huevo teórico y su desarrollo en la práctica, o sea el huevo "verdad", se adaptará inexorablemente a las leyes enunciadas. A no ser que estas leyes sean falsas, que el "huevorema" sea consecuencia de mi escepticismo y no al revés, o bien que se modifiquen los huevos exteriores. Esto último me dejaría más tranquilo, entre otras buenas razones porque, en principio, no afectaría a la validez del huevorema.

ANEXO. EL MODELO DE LOS HUEVOS.

El tema de la informática, en sus aspectos de enseñanza e investigación, se asemeja, visto a través del macroscopio *, a esos huevos de baquelita metidos unos en - otros. Se desenrosca el primero y aparece uno algo más pe- queño, posiblemente de diferente color. Se repite la opera- ción y se encuentra otro más pequeño, y así hasta llegar a uno que no se desenrosca.

Como ejercicio ** se nos pone, cuando somos niños, a fin de que aprendamos a comprender que aquello forma un conjunto jerarquizado y que no podemos meter un huevo den- tro de uno más pequeño. En realidad se trata de una lección muy sencilla, pero que olvidamos cuando adultos o al menos olvidamos de aplicarla. O quizá es que no la hemos aprendi- do bien. Vamos a recordarla hoy en lenguaje propio de cien- tíficos:

Huevorema: El huevo exterior condiciona la forma y las - dimensiones de todos los demás.

Huevolarios:

H1. Un huevo no cabe en otro más pequeño.

* J. de Resnay. "Le Macroscopie. Vers une vision globale".
Seuil, 1.975.

** En vez de huevos pueden ser cubos a los que les falta - una cara, o muñecas, o cajas. En la vida social se encuen- tra uno con mesas de cóctel encajadas unas en otras y co- sas por el estilo.

- H2. En principio, no se puede introducir un -
huevo dentro de otro si tienen formas dis
tintas, y mucho menos si no es un huevo.
Hay excepciones pero es a base de desper-
diciar mucho espacio*.
- H3. Si se admiten holguras entre huevo y huevo
ésta es la tolerancia más importante para
la construcción de los huevos interiores,
tolerancia que se traduce en pequeñas va-
riaciones en la forma y en el tamaño. El
color puede ser optativo, también.
- H4. De todas maneras, si no se construyen los
huevos bien encajados (con pequeñas holgu
ras) harán mucho ruido al agitarlos.

* Las reglas del juego no autorizan, por supuesto, a dejar
un huevo apartado del conjunto. Es obligatorio utilizar to-
dos los huevos, si no, se hace trampa.

FACTORES TECNICOS BASICOS DE LAS NUEVAS TELECOMUNICACIONES

EN LA ERA DE LOS SISTEMAS

POR FERNANDO SAEZ VACAS

Hace unos meses, el 15 de Diciembre de 1.976, el pueblo español subrayaba inequívocamente sus deseos de una forma democrática de gobierno. Los servicios de Correos y Telégrafos se ocupaban de transmitir grupos de datos por toda nuestra geografía peninsular e insular que, computados velozmente por ordenadores, trazaban, a través de pantallas catódicas alfanuméricas, los perfiles acumulados de una geografía nacional del voto. Periodistas españoles y de todo el mundo se comunicaban con sus agencias y periódicos por télex y teléfono. La televisión y la radio difundían a los hogares, en el mismo momento, noticia puntual de resultados, procesos y análisis. Las redes de telecomunicación ayudaban así a cerrar un ciclo por el que, en el curso de unas pocas horas, todo español, votante, abstencionista o abstinente, tomaba conocimiento del efecto integrado de su decisión.

Estaba a punto de extinguirse el año conmemorativo del primer centenario de la invención de un símbolo fundamental de las telecomunicaciones, el teléfono. En ese relativamente breve intervalo de tiempo las telecomunicaciones han experimentado avances enormes y vertiginosos. Su impacto social es en todos los órdenes, el que corresponde a una revolución generalizada y ha sido estudiado aunque no de forma exhaustiva. Diversos autores prefiguran un futuro en el que las telecomunicaciones serán la base de la ciudad cableada (Goldmark), de un cerebro para el planeta Tierra (Arbib), de la ecosociedad (ecosociedad = convivencialidad + telecomunicaciones) (Rosnay), etc.

La evolución producida en las telecomunicaciones y las que se extrapolan como posibles son o serán debidas a diversos factores técnicos y extratécnicos. Este artículo postula que los factores técnicos que, de manera más acusada, - están catalizando tal evolución en estos últimos años y que la condicionarán en los próximos, son tres: la 'tecnología - electrónica' y las 'técnicas digitales' (en lo que se refiere a la evolución en el pasado inmediato, en el presente y en - el futuro previsible) y el 'enfoque sistémico' (como factor condicionante del futuro). Después de pasar revista a estos tres factores termina el artículo intentando una interpretación de la significación de los mismos como productos de procesos integradores a distintos niveles.

Tecnología electrónica.

Es éste factor clave y revolucionario en las telecomunicaciones, como en otras ramas de la ciencia y de la ingeniería. Ha sido muchas veces tratado y resaltado, por la espectacularidad de sus avances.

No hay que pensar que es sólo la tecnología electrónica la que está evolucionando, pero en ella los órdenes de magnitud han sido volteados de forma tan acelerada y rotunda en un brevísimo lapso de tiempo que no hay más remedio que - situarla en el podio de honor. Dispositivos y circuitos más perfectos, más rápidos, más seguros, más pequeños, más baratos, más resistentes, más sobrios en sus requerimientos energéticos han hecho posibles sistemas más perfectos, más rápidos, etc. Técnicas jóvenes, como lo son todas las de telecomunicación, han rejuvenecido su aspecto y magnificado sus posibilidades, llegándose, por un efecto claramente multiplicador, a la creación de sistemas no sólo mejores, sino también más complejos que los anteriores. Otras técnicas que estaban ahí, sobre el papel, han encontrado la luz verde para su rea

lización práctica y económica.

En la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, por la presión y la rapidez de los acontecimientos, se ha pasado, casi sin darse cuenta y en un lapso de 14 ó 15 años, de ver y estudiar por primera vez un transistor a utilizar circuitos integrados (un C.I. puede albergar, en unas decenas de milímetros cuadrados, entre 1.000 y 10.000 transistores) y a realizar estudios e investigaciones sobre circuitos integrados, células solares, fibras ópticas, holografía y dispositivos para radioastronomía.

La tecnología es, en sí misma, absorbente. Se parece a un tren lanzado a toda velocidad, cuyos pasajeros pueden perder puntos de referencia tales como la propia velocidad, el lugar e incluso el paisaje. Desde una óptica de pura telecomunicación ha de considerarse a la tecnología exactamente como agente y vehículo de cambio de primerísima magnitud, nunca como un fin.

Técnicas digitales.

Las técnicas digitales, a las que voy a referirme, no son naturalmente las que pueden utilizarse para adjudicar los cargos políticos y administrativos, aunque tienen el mismo origen etimológico. Cuando la información se compone con los símbolos pertenecientes a una colección o alfabeto limitado (finito, enumerable), como puede ser el conjunto de dedos de la mano, estamos creando información digital.

Esta forma de proceder no es, desde luego, de hoy. El hombre, a lo largo de su historia, ha codificado sus informaciones utilizando unos símbolos específicos (letras, dibujos) y comunicado sus mensajes mediante otros símbolos, soportados acústica o luminosamente (banderas, espejos, humo).

El hecho diferencial ahora, desde un punto de vista técnico, se encuentra en el uso casi exclusivo de un alfabeto constituido únicamente por dos símbolos (alfabeto binario) y en una expansión sin precedentes de las técnicas digitales binarias.

Dos símbolos bastan, en efecto, para representar cualquier información. Si ésta es propiamente digital, procedente, por ejemplo, de un teleimpresor o de un computador, resulta tarea fácil pues se trata de una conversión entre dos alfabetos. Cuando la información adopta la forma de una onda continua (voz, imagen, señal electroencefalográfica), es preciso tomar, cada cierto intervalo de tiempo, una muestra del valor de esa onda, cuyo valor, siendo ya número, es codificable en binario por transformación entre alfabetos. Se tiene así una información digitalizada, como ocurre con los sistemas de voz PCM (de modulación por impulsos codificados). Tanto en uno como en otro caso se está en el terreno de las comunicaciones digitales. Al profano podrá parecerle casi increíble, supongo, que tal maniqueísmo simbólico (sí/no, blanco/negro, todo/nada, 0/1) permita conducir la información desde un punto geográfico emisor cualquiera hasta un receptor lejano, a través de muy distintos medios propagatorios. No sólo es verdad, sino que, por añadidura, las comunicaciones digitales presentan, en relación con las comunicaciones analógicas, ventajas importantes, verbigracia, posibilidades de regeneración de la señal, de conmutación temporal y de un tratamiento común a señales de origen digital o analógicas digitalizadas.

Los computadores, capaces de realizar operaciones de cálculo, ordenación, decisión lógica y control, son binarios también y partícipes de las técnicas digitales, aunque generados por tradiciones científicas muy diferentes. Su industria ha impulsado enormemente a la industria electrónica de los circuitos integrados, repercutiendo por la vía tecnológica en una revitalización de equipos y técnicas de teleco

municación no necesariamente digitales.

Paralelamente, al convertirse en abonados de las mismas redes de telecomunicación, han provocado un fuerte efecto incremental sobre la demanda de comunicaciones digitales en su versión pura de tráfico de datos.

Intégranse, por último, las técnicas digitales de cálculo con las técnicas digitales de comunicaciones para constituir sistemas de telecomunicación dotados de nuevas potencialidades. A título de ejemplo es dado citar el papel jugado por los computadores en el cálculo preciso de la posición de ciertos satélites de comunicaciones a efectos de orientación de las antenas situadas en los terminales transmisor y receptor. Y ¿qué decir de las relaciones computador-telefonía?. Existen equipos automáticos para realizar medidas de transmisión y pruebas de señalización sobre circuitos telefónicos, cuyo equipo central es un minicomputador. Computadores de bien diferentes capacidades constituyen los nodos de algunas de las redes de datos para la dirección y control del tráfico de información digital por canales telefónicos entre computadores y terminales de distintas características funcionales y operativas.

Y para terminar con los ejemplos, el corazón de una central automática telefónica puede ser ciertamente ya un complejo computador. Versatilidad, potencia, memoria y ¡un cierto grado de inteligencia! son varias de las características del valor añadido por la telecomunicación computadorizada.

Enfoque sistémico.

Por caminos diferentes el hombre ha llegado a poner a punto muy diversos sistemas instrumentales de medición, de

recogida de información, incluso débil o lejana, de almacenamiento indefinido de la información tanto digital como analógica, de transmisión y recepción, de encaminamiento selectivo de la información, de cálculo, y de reproducción de la información. No pocos de estos sistemas pueden combinarse en variadas formas para constituir sistemas más complejos y más capaces. Estamos en la era de los sistemas, según Ackoff, lo que exige también métodos más potentes para la organización y el control de la tecnología y de la técnica.

Se poseen hoy los instrumentos técnicos para constituir auténticos sistemas nerviosos en la sociedad, con las consecuencias que tal poder conlleva. Una porción muy importante de estos instrumentos son las telecomunicaciones. La telegrafía, la telefonía y las radiocomunicaciones, siempre renovadas, acompañan e impulsan, para bien o para mal, a todas las actividades de la vida moderna.

A mi entender, ha de ser el enfoque sistémico el próximo factor de evolución de las telecomunicaciones, sin merma de los anteriores, pero trascendiéndolos a un nivel organizativo y metodológico. Un autor francés, De Rosnay, describe el enfoque sistémico como "una metodología que permite reunir y organizar los conocimientos para una mayor eficacia en la acción". Enraizado en la doctrina del pensamiento expansionista, que siempre contempla un problema como elemento integrante de un problema mayor, quiero ver el enfoque sistémico (systems thinking, systems approach) en tanto que fenómeno convergente con los desarrollos científico-técnicos de nuestros días. Distintos pensadores, y entre ellos Carrel, hace ya bastantes años, han insistido en la conveniencia de inyectar esta forma de pensamiento, complementaria del pensamiento básicamente analítico, en las aulas universitarias. Es cierto que, a menudo, se han introducido programas interdisciplinarios, pero en bastantes casos bajo una concepción de sistemas cerrados, si bien de orden superior. Muchos cree

mos, hoy, que ya no hay que hablar de conveniencia sino de - necesidad.

Naturalmente, el enfoque sistémico no es necesario exclusivamente para la mejor integración de los sistemas de telecomunicación entre sí y con otros sistemas, esto se desprende por sí solo. Lo que ocurre es que, aquí, la reflexión se mueve en el ámbito específico de las telecomunicaciones. Autores como Russell Ackoff y Stafford Beer, que no son en absoluto técnicos de esta rama, reconocen a los sistemas de generación, almacenamiento, transmisión y manipulación de - símbolos (telecomunicaciones, instrumentación y computadores) como herramientas de nuestros días para rediseñar y actualizar nuestras instituciones, de acuerdo a la naturaleza de - los complejos problemas planteados. A condición, nos dicen, de que tales herramientas sean manejadas con criterios sisté- micos (técnicas de la cibernética, investigación operativa, etc.).

Una última aclaración. La concepción que estoy pre- sentando aquí es eminentemente técnica. No pretende ir más - allá de referirse a que las máquinas pueden ser más eficaces y organizarse más eficazmente, pero reconoce dimensiones prio- ritarias, de índole ética y política, que informarán en ins- tancia definitiva decisiones importantes para la sociedad.

Significación e interrelaciones de los factores anteriores.

De manera muy esquemática, como interesa aquí, cabe decir que los factores estudiados suponen dominaciones pro- gresivas de los electrones, de los símbolos y de los procedi- mientos organizativos, respectivamente. Más aún, estas domi- naciones poseen las características de todo proceso de inte- gración:

- la tecnología electrónica se produce como integra

ción de materiales por técnicas físico-químicas.

- las técnicas digitales son un producto del proceso de unificación de la representación y manipulación de las informaciones a través de un alfabeto muy restringido.
- el enfoque sistémico es, o pretende ser, un planteamiento trans- e interdisciplinario que busca integrar elementos (técnicas, métodos, sistemas) como partes de sistemas de orden superior.

Los dos primeros factores se desarrollan parejos y se favorecen mutuamente, cosa que puede demostrarse con numerosos ejemplos. Pero su relación con el tercer factor, - que es factor para el futuro -no lo olvidemos-, es más compleja. De un lado proveen instrumentos para el diseño y construcción de sistemas de telecomunicación cada vez más potentes. De otro lado, su rutilante trayectoria, su mismo poder, pueden desbordar las capacidades de los diseñadores de sistemas y de sistemas de sistemas y, por consiguiente, favorecer una tendencia a la hipertrofia tecnológica e instrumental. - Este es el punto sobre el que hay que meditar, me parece.

REFERENCIAS

- P.C. Goldmark
Communication and the Community
Scientific American, Sept. 1.972, Vol. 227, n° 3.
- M.A. Arbib
Los ordenadores y la sociedad cibernética
Editorial AC, 1.978.

- J. de Rosnay
El macroscopio
Editorial AC, 1.977.
- R. Ackoff
Redesigning the future. A systems approach to societal problems.
J. Wiley, 1.974.
- S. Beer
Designing freedom
J. Wiley, 1.974.
- A. Carrel
La incógnita del hombre
Editorial Iberia 10^a. Ed. 1.953

TELEINFORMATICA, TELEMATICA, TELEBERNETICA*....

NEOTELECOMUNICACIONES

por F. Sáez Vacas

A la búsqueda de identificadores para unas telecomunicaciones a otra escala.

TELEINFORMATICA, TELEMATICA, TELEBERNETICA*.....

NEOTELECOMUNICACIONES.

La telemática y sus circunstancias técnico-políticas

Una palabra de muy reciente cuño, "telemática", se está difundiendo con inesperada rapidez, pese a que transporta una significación todavía borrosa.

Se discute si el vocablo ha sido inventado en España por nuestro compañero Luis Arroyo o en Francia por el binomio Nora/Minc. El dilema sobre tal paternidad denominadora no ofrece demasiado interés. Por mi parte, preferiría adjudicársela a Arroyo, primero porque siempre ha demostrado acierto y habilidad para neologizar, después porque ha hecho más que nadie en nuestro país por divulgar el concepto y, en último/primer lugar, por afinidad, ya que somos condiscípulos y amigos.

Merecen mayor reflexión las circunstancias diferenciales que en estos dos países rodean a este fenómeno. En Francia, la iniciativa impulsora, dimanando de su primer mandatario, debidamente aconsejado, ha generado un estudio técnico de envergadura, la publicación de un resumen de conclusiones de dicho estudio en gran -- edición de bolsillo y un plan de acciones concretas por parte de los organismos competentes de la administración que han hecho llegar a todo ciudadano medio una idea, tal

* Nombre registrado por el autor.

vez confusa, de lo que sea la telemática, junto a unas expectativas de servicios telemáticos reales. Nuestro país funciona en este terreno por impulsos de abajo arriba lo que, en materia de tanta importancia, supone un retraso considerable, como ocurre entre el origen temporal de una señal y el eco que ésta despierta, en un medio muy resistente. Dicho retraso sería un efecto y una medida de la distancia - en innovación industrial, técnica y hasta cultural que objetivamente separa a ambos países, lo cual no implica que en España no se hayan movido piezas en el juego que ahora empieza a conocerse con el nuevo nombre de "telemática".

Sobre la relación teleinformática/telecomunicaciones y una definición de telemática.

¿Qué es la telemática?. A esta buena pregunta deberíamos ir contestando entre todos y poco a poco. Como contribución personal no se me ocurre cosa mejor que decir - que "la telemática es la telecomunicación en la era de los sistemas" (véase mi artículo en BIT, nov. 1978, donde argumento sobre los pilares conceptuales y técnicos básicos de las nuevas telecomunicaciones). Según esta interpretación, la telemática sería el vocablo nuevo que brotó espontáneamente para codificar el salto cualitativo a unas telecomunicaciones tan variadas y tan complejas, que difícilmente podrán concebirse ni operar sin el concurso de las más avanzadas técnicas informáticas. Y que superarán masivamente la faceta "comunicaciones" por incorporación a gran escala de las funciones de almacenamiento, de selección y de transformación de las señales. Que integrarán en sus sistemas las técnicas analógicas y digitales. Que se encarnarán en las más poderosas tecnologías físicas de nuestro tiempo.

He podido escuchar y leer la ambigua interpretación teleinformática/telemática con que se vienen produciendo - una mayoría de conferenciantes y articulistas, con tendencia a utilizar sendas palabras indistintamente. Si la tele

mática fuera la misma cosa que la teleinformática, como parecería deducirse de su composición telescópica: telecomunicaciones e informática, para este viaje no habían hecho falta alforjas. Aun arriesgándome a que el lector llegue a pensar que me gusta embrollar, si cabe más, el tema, tengo que - - afrontar ese riesgo y declarar que, para empezar, no está definitivamente claro qué es la teleinformática. Recuerdo que hace tiempo pronuncié la lección inaugural de un seminario de teleinformática organizado por el Aula de Ingeniería del Instituto de Ingenieros Civiles (marzo 1977). Intenté matizar las significaciones de la teleinformática - que, muy esquemáticamente son: a) "informática con tele"; ordenadores conectados con terminales o con otros ordenadores para procesamiento de datos; el objetivo está en el - procesamiento, las telecomunicaciones son prótesis para extender el ámbito del procesamiento y el énfasis técnico se centra en adaptar el ordenador a la prótesis. Tal es el caso en un software manejador de comunicaciones, b) "tele - con informática", o "informática para las telecomunicaciones" o "telecomunicaciones computadorizadas"; un ejemplo - de esta clase puede ser una central telefónica de conmutación digital, que integra las últimas técnicas electrónicas e informáticas en sustitución parcial o total de técnicas anteriores. c) "telecomunicaciones para la informática", cuyo ejemplo más notorio son las redes de transmisión de datos o redes de interconexión de ordenadores y otros - artefactos digitales.

En rigor, las categorías b) y c) son ramas de las telecomunicaciones, a las que se ha dado en llamar "teleinformática". Obsérvese que, propiamente, la sutil línea divisoria entre b) y c) se sitúa en que en el apartado c) hemos incluido aquellas técnicas y servicios de telecomunicación que surgen por y para necesidades nuevas, como son -- las que plantea la informática.

Quizá sea discutible establecer una analogía entre

lo que representan, por ejemplo, la informática de gestión (supeditada a la gestión y a la administración de las organizaciones sociales) o la informática médica (subordinada a los objetivos y técnicas de la práctica e investigación de la medicina) y la teleinformática (informática de telecomunicaciones, en su mayor parte). Desde mi óptica, pocas sombras tendrán posibilidades de enturbiar este razonamiento en lo que atañe a la existencia de una jerarquía fines-medios, que sitúa a la teleinformática en una situación parangonable a la de la informática de gestión o de la informática médica. Parangón que, en todo caso, cabe matizar en un sentido, muy importante para nosotros en el orden técnico: mientras que en el área de la gestión de una empresa se observa una considerable distancia entre la problemática específica o las técnicas administrativas/organizativas y las técnicas informáticas, en el terreno de las telecomunicaciones tal distancia es mínima, cuando no sucede que es negativa (interpenetración, simbiosis).

En realidad, técnicas y servicios telebernéticos

La argumentación anterior acaso haya esclarecido - en el ánimo del lector el concepto de teleinformática, presentándosele no más que como una rama pujante de las telecomunicaciones, pero también suscitado en él la expectativa de que la telemática debe ser algo distinto y más que la teleinformática. Pero ¿qué, exactamente?. Alguien ha dicho que "la telemática engloba conceptualmente las tecnologías de la telecomunicación y de la informática", definición suficientemente vaga como para ser capaz de abarcar - desde lo que hemos entendido más arriba por "teleinformática" hasta el conjunto formado por las "telecomunicaciones + informática" y, naturalmente, todas las situaciones intermedias. Me temo que hoy sea difícil saber exactamente, donde se sitúa la telemática dentro del rango posible, y - ello parece aplicable incluso en los países más "telemáti-

zados" que, en su mayoría, desconocen esta palabra.

Los trece países miembros de la Comisión Europea - han acordado situar a la telemática en primera línea entre los grandes retos que Europa tiene que afrontar. Francia, por su Dirección General de Telecomunicaciones, se ha comprometido a poner en marcha a corto plazo, junto a las redes Transpac, Teletex y Teletel, los siguientes servicios bajo el rótulo de la telemática: sistema de telealarma para personas de edad, telediagnóstico de salud, terminal - anuario telefónico, proyecto de ciudad cableada por fibras ópticas (Biarritz) y telecopiador de gran difusión (01 Hebdo n° 578, 4 Febr. 1980).

Correo electrónico, teleconferencia, servicio público de bancos de datos, televisión por cable, etc. son - otros tantos servicios que irán dando uso y contenido al - vocablo que estamos analizando. Los ejemplos citados vienen a subrayar la significación que nosotros le dabamos en el segundo apartado de este artículo: la de "telecomunicaciones para esta nueva era del segundo siglo desde la invención del teléfono", telecomunicaciones que desbordan - como hemos visto - los meros límites de la teleinformática, aproximándose a los presupuestos teóricos abiertos hace unos - treinta años por los padres de la cibernética. Ya es tarde, pero por muchas razones que ahora sería largo de exponer - aquí, el nombre más adecuado para la telemática habría sido el de telebernética (o telenética), por composición telescópica con telecomunicaciones y cibernética. Este otro nombre, aparte de estar pleno de significación explícita, habría sido mensajero implícito de las promesas y de los - peligros que los avances de las telecomunicaciones encierran, así como del tipo de metodología que su implantación requiere.

La E.T.S.I.T. frente a las neotelecomunicaciones

El director de BIT me pidió que expresara en este artículo cómo andada nuestra Escuela de Madrid frente al fenómeno de la telemática. Mi opinión personal es que en el nuevo plan de estudios, cuyos primeros graduados estarán disponibles en junio de 1981, se cuenta, ya hoy, con la gran mayoría de las enseñanzas básicas necesarias. El único problema técnico es que están dispersas por el régimen de optatividades, pero esto es inherente a la propia estructura del plan.

Con vistas a un eventual proceso de adaptación dinámica a futuras necesidades, en la medida que éstas fueran expresadas -hipótesis poco probable- por nuestra industria y por nuestra administración, la Escuela debería responder fundamentalmente mediante integración y actualización de enseñanzas ya existentes: cuestión de objetivos y filosofía de la enseñanza.

Lo que pasa es que todo proceso de integración exige, como condición previa, algo de lo que en nuestra Escuela, considerada como colectivo humano, carecemos: visión panorámica del presente y previsión coherente del futuro. La especialización ha subido de tono, el parcelamiento es grande, hablamos distintos lenguajes. Aprecio en nosotros también un cierto grado de insensibilidad ante el fenómeno social de las telecomunicaciones, como si apenas percibiéramos su impacto en casi todos los órdenes de la vida. El médico diría que esto es por falta de estímulos: te vuelves sordo si no te llega ningún sonido y ciego si la luz no hiere mínimamente tus ojos, pierdes la noción del tiempo si te metes en una cueva a practicar la espeleología durante un mes y si no das un par de patadas de cuando en cuando los músculos se te hacen grasa y agua. Te aislas y construyes tu acción por esquemas solitarios. Con estímulos y ejercicio se resuelven estos problemas.

Aquí, lo que recomienda la ciencia médica es esti-

mular a la E.T.S.I.T. para que, como institución más adecuada, conduzca y realice los estudios tendentes a elaborar esa perspectiva completa de las telecomunicaciones en sus distintas facetas. El impulso podría venir, no tanto del Jefe del Estado como en el vecino país, pero por lo menos, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. No es una propuesta formal: es sólo una opinión.

V.N. y MR. CHIP

por F. Sáez Vacas

Escuela T.S.Ingenieros de Telecomunicación

UN GENIO

El matemático Bronowski ha dejado escrito que John Von Neumann era en su opinión el más inteligente de todos los hombres y mujeres que ha conocido. Esta opinión es muy significativa porque Bronowski, ha tratado a casi todos los matemáticos y físicos importantes entre los años treinta y setenta y estaba en segundo lugar nada menos que a Enrico Fermi, premio Nobel y genio de la Física.

Como sabemos, Von Neumann, construyó con su extraordinario cerebro una buena parte de los fundamentos mismos de la informática. Empero, por increíble que parezca, la amplia, profunda y versátil fuerza de su intelecto ha dejado asimismo inolvidable impronta en la Economía, con su obra, coescrita con Morgenstern, Theory of Games and Economic Behavior, un clásico en la literatura económica, y en la Física Teórica, donde sus obras al respecto constituyen o han constituido materia obligada de estudio. Sus aportaciones en matemáticas -porque V.N. era ante todo un matemático-, son numerosísimas e importantes. Húngaro de nacimiento, a los 24 años sus trabajos le habían acarreado fama en el mundo y a los 28, después de pasar como profesor por Berlín y Hamburgo acabó en la universidad norteamericana de Princeton. Dos años más tarde, se integró con un grupo de eminencias científicas de todas las nacionalidades. - en el mítico Instituto de Estudios Avanzados (I.A.S.) de Princeton. Allí en Princeton se reunían gentes aventajadillas como Einstein, es un ejemplo.

En realidad, von Neumann, que había trabajado en su juventud sobre temas básicos de lógica matemática, sólo en los últimos años de su no muy larga vida se dedicó a lo que entonces se llamaba "máquinas matemáticas". Si se reflexiona un poco, resulta alucinante que un teórico de la física y de la economía pudiera en tan corto tiempo inventar el computador con

programa almacenado y dirigir la construcción del EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer). Estamos en los años 1945-46.

Von Neumann fué el artífice que dio forma a la convergencia de tres líneas previas de tendencia: las máquinas estadísticas, las máquinas calculadoras y los autómatas lógicos. A partir de sus ideas, las instrucciones de un computador, anteriormente introducidas por cinta perforada o cuadros enchufables, podían almacenarse como números en una memoria electrónica y procesarse igual que los datos. Consecuentemente, y a condición de inventar las instrucciones de salto, -lo que también se hizo- la máquina podía practicar decisiones lógicas y hasta modificar sus propias instrucciones. Es el computador de registros, el computador de estructura von Neumann. Más del 95% de los computadores que se han construido poseen esa estructura. Todos los lenguajes de programación dependen finalmente de esa estructura. Intentos se han producido y se producen para escaparse de la dictadura de esa estructura y cito de memoria como tales a las máquinas controladas por flujos de datos y a la programación funcional propuesta por Backus, pero los hechos dicen bien a las claras cuál es la huella del trabajo de v.N.

Los primeros diseñadores de computadores digitales se formaron en un curso impartido en la Moore School of Electrical Engineering en el verano de 1946. Allí se enseñó la marca de fábrica de Von Neumann y los próximos años vieron nacer computadores denominados EDSAC, MADM, UNIVAC, SEAC, SWAC, MANIAC y NORG. Veinticinco años más tarde, la barbarie del especialismo, que diría Ortega, ha llegado a tal punto en informática que se suele tachar de teorizantes y desconectados de los reales problemas informáticos a quienes hablan de teoría de autómatas, de computabilidad o de máquinas de Turing (por cierto, Turing fue ayudante de von Neumann). Parece apropiado por ello volver un poco a los orígenes de esta informática, que centramos simbólicamente en un teórico, v.N. familiarmente

llamado Johnny por sus colegas, no solo capaz de sistematizar el fondo de la técnica del farol en el póquer sino de escribir un programa de clasificación para probar su computador EDVAC, que estaba diseñado para cálculo científico. El I.A.S. (Institute for Advanced Study), donde se construyó el EDVAC, hizo una excepción con v.N., porque en aquella institución no se hacía trabajo experimental. Constituye un placer y una sorpresa leer el informe descriptivo del diseño detallado de la arquitectura del EDVAC, escrito por Burks, Goldstine y v. Neumann, sobre la base del trabajo previo de este último. (Véase una versión castellana, por desgracia incompleta, en el espléndido libro - - "Perspectivas de la Revolución de los Computadores", editado por Alianza).

La sorpresa viene de comprobar la plena actualidad de los aspectos lógicos de ese artículo, pese a los avances de la informática. Visto de otra forma, nos da una medida de la dirección que han seguido los avances en informática. También es insólito verificar que la notación flujodiagramática típica de la programación fué desarrollada por v.N. y Goldstine.

Si se piensa, por último, que v.N. no estaba satisfecho con la estructura por él inventada y que en sus postreros días abrió nuevos caminos de estudio como el de los autómatas reproductores (autómatas que podrían reproducirse a sí mismos o construir máquinas más complejas que ellos mismos), el de los autómatas fiables compuestos de elementos no fiables y, en general, el de las relaciones estructurales del sistema nervioso central del hombre y las máquinas, no nos extrañará que sus trabajos sean citados también en el campo de la biología teórica de hoy.

Sí, v.N. era un genio, de eso no hay duda. Hubiera sido excesivo que encima fuera un profeta. No pudo suponer que la industria de los computadores adquiriría tanto volumen e inercia como para seguir usando irreversiblemente la estructura que él ideó y tampoco pudo imaginar que el tiempo arruinaría con tanta velocidad las pocas palabras tecnológicas que él

escribió a propósito de la memoria del EDVAC: "Por consiguiente ¡se necesitarían aproximadamente 10^5 basculadores o elementos análogos! ¡Esto sí que sería irrealizable!".

LA ESTRUCTURA VON NEUMANN EN UN DADO DE SILICIO

Ignoramos casi todo sobre la vida de Mr. Hoff. No sabemos si es alto o bajo o si ha escrito un libro. Sabemos que hacia el año 1970 tuvo la idea de meter un procesador (CPU) en un microcircuito o chip de poco más de 10 mm^2 de superficie. Metió la estructura von Neumann en un "chip" de silicio. A esto se le llamó microprocesador y a Mr. Hoff podría habersele llamado Mr. Chip, o más exactamente Mr "CPU ON A CHIP". Añadiéndole al microprocesador un par de microcircuitos de memoria se tuvo algo parecido al EDVAC en el hueco de una mano. Y era un microcomputador. Como alguien ha dicho, ¡demasiado bueno para ser verdad!.

Solo han transcurrido unos 25 años entre v.N. y Mr. Chip. En ese intervalo se han producido muchos inventos y desarrollos de todo tipo; por ejemplo, uno de los alumnos del citado seminario en la Moore School, el profesor Wilkes, además de construir en Manchester el computador EDSAC, inventó una técnica que habría de jugar con los años un importantísimo papel: la microprogramación; y la lingüística formal ha dado pasos de gigante. Con todo, creo que los dos hitos que acabo de destacar constituyen lo más trascendental desde 1945 hasta la fecha en materia de lo que se conoce convencionalmente por mundo de la informática.

Von Neumann y Hoff son dos hitos y dos símbolos para dos épocas muy distintas, que merecerían ser analizadas con mayor detenimiento. El primero representa el genio polifacético casi individual y el segundo el ingenio industrial y la especialización a ultranza: el último eslabón de un asombroso desarrollo tecnológico acumulativo y el principio de un proceso explosivo de cambios.

MICRO IS BEAUTIFUL

A raíz del primer microprocesador se han sucedido vertiginosamente lo que en un número de la revista Spectrum se designó como las etapas de un universo en expansión: 8, 16, 32 bits. La superminiaturización de los computadores se ha consumado. Nadie es capaz de evaluar las consecuencias de este hecho.

Pero esas consecuencias se van a dejar sentir por doquier. Se están dejando sentir ya hace tiempo.

La primera consecuencia muy general es que la informática irrumpe ya potencialmente sin barreras en todas partes: millones de pequeñísimos computadores se distribuirán aquí y allá en nuestro trabajo y en nuestra vida. Un ejemplo: millones de personas aprenden ya de la manera más natural las técnicas mínimas de la programación con una calculadora. O sea, la socialización de la informática se produce de la mano de los microprocesadores, primero porque programar una calculadora con memoria es informática y luego, porque ahí, en esas 1000 pts. de silicio, LED y plástico tiene lugar un singular e inefable proceso educativo en cuya curva de aprendizaje se están cociendo los usuarios de un futuro mundo informatizado.

Un mundo informatizado, embebido en un mundo dígito-electrónico, naturalmente. La llegada del microprocesador supuso, tras la sorpresa inicial, el final de una costosa búsqueda, por parte de las empresas de semiconductores, de formas para reducir la complicada tecnología necesaria para aplicaciones más generalizadas. Estas empresas pueden ahora fabricar un solo chip y venderlo para miles de aplicaciones diferentes. Eso significa economía de escala y que los microprocesadores podrán llegar a producirse en tiras automáticas, como las aspirinas, salvadas las distancias. Toda la industria de la instrumentación se estremece y se pone patas arriba. En adelante, cualquier instrumento podrá contar con un computador a su

servicio enriqueciendo sus funciones. En la clínica y en el hogar, en la fábrica y en la calle, en la oficina y en los servicios públicos, aunque la velocidad de cambio depende en cada caso de factores muy diversos. Hay un aspecto que merece resaltar y es la conectabilidad casi directa del microprocesador con fenómenos físicos en funciones de monitorización o de control, a través de un diálogo de señales físicas inaccesible e invisible al ser humano, lo que abre inesperadas posibilidades en instrumentación médica, entre otros campos.

En el terreno específico de la informática convencional, el tema exige un análisis aparte, quizá por la sola razón de que nos afecta, o nos interesa, prioritariamente. Este no es el momento y además es un asunto menos técnico de lo que - pudiera parecer. La idea central parece ser la descentralización del poder de tratamiento de la información. Al menos así lo ven grupos de gentes interesadas en tecnologías alternativas que, a la búsqueda de una informática convivencial o ecologista, han saludado el advenimiento de los micros y de las redes de ordenadores parafraseando alegremente las palabras de Schumacher: "micro is beautiful. Veremos.

LA REVOLUCION INFORMATICA, UNA REVOLUCION SIEMPRE PENDIENTE

¿Representa el microprocesador una revolución informática, o una revolución en la informática?. El mundo de la informática posee una capacidad sin límites para adjudicarse un protagonismo en la marcha del mundo en general, es cosa sabida, aún cuando un análisis serio de sus avances reales refleja una dependencia sorprendente y continuada respecto del tirón tecnológico. En este caso sería más apropiado hablar de una revolución de la electrónica, de la microelectrónica, del silicio, que revierte en aplicaciones como la instrumentación, las comunicaciones y la informática. Una revolución basada, sin duda, en una idea informática, el computador de von Neumann, fagocitado y multiplicado en copias superreducidas de gran consumo por la industria de los circuitos integrados.

Tal vez sea ése el trampolín, el retorcido camino por donde se avecine la pendiente revolución informática, que no sería otra cosa sino la realización plena de su definición: la ciencia del tratamiento racional de la información. Pero los microprocesadores, y todo lo que como símbolo tecnológico representan, convocan miedos y esperanzas. Se habla de desempleo y de otras plagas. Lo cierto es que un microprocesador con un microprograma es un paquete de información que consume un mínimo de energía y que puede reproducirse a muy bajo costo. - Ahora bien, información y energía son entes a menudo duales, con la particularidad de que las reservas de energía se consumen mientras que las reservas de información se usan pero no se consumen, ya que sólo se consume la energía que las soporta. Y un microcomputador programado dentro de un instrumento cualquiera, por ejemplo para tratamiento de textos en una oficina, es un paquete de organización negaentrópica, característica que viene tradicionalmente siendo ostentada en estos terrenos por el individuo humano, aunque con mucho mayor consumo de energía. Complejo tema, dejémoslo aquí.

El resultado de estas innovaciones es impredecible y está claro que no puede abordarse su prognosis desde la perspectiva limitada de lo que hoy entendemos por informática. - Los problemas abiertos son muchos e imbricados, de tal manera que sus soluciones exigen nuevos modos de organización humana. Uno de ellos es el de la construcción de una sociedad crecientemente basada en la información. Según Simon, estamos históricamente instalados desde hace más de cien años en la tercera revolución de la información. La primera revolución fué el lenguaje escrito, la segunda el libro impreso.

La tercera revolución de la información incluiría los procesos y aparatos para almacenar, copiar, transmitir, visualizar y transformar la información: la fotografía, el cine, - la televisión, el telégrafo, el teléfono, el gramófono, la radio y, de manera muy importante como elemento manipulador y transformador lógico de información, el computador.

Si nos parece bien esta amplia perspectiva de Simon, hemos de convenir en que los hitos que hemos identificado con los nombres de von Neumann y Mr. Chip, (Hoff, en realidad, con los debidos respetos), conectables perfectamente entre sí en una cadena coherente de acontecimientos científico-tecnológicos, forman parte y sólo parte de una trama de revoluciones - parciales. Otras perspectivas son también posibles, producto de mirar las cosas con otra amplitud y con otro horizonte temporal.

Pero, de todas formas, ¡la revolución informática sigue aún pendiente!, pese a las apariencias.

RELOJES DIGITALES: LA PUNTA DE UN ICEBERG

por Fernando Sáez Vacas

Catedrático de la Escuela Técnica
Superior de Ingenieros de Telecomunicación.

Un hecho, comprobable día a día, es el uso creciente de los relojes digitales, en detrimento, suponemos, del de los relojes clásicos o analógicos. En apariencia, se trata del mero surgimiento de nuevas técnicas en la industria relojera, a semejanza de lo que pueda estar ocurriendo en otras industrias. Las apariencias, cuando lo son, ocultan algo que puede ser interesante desvelar. Pretendo contribuir a ello, tomando pie en las reflexiones que este tipo de relojes ha inspirado a Julian Marías.

Efectivamente, Julián Marías, en un artículo titulado - Relojes Digitales y publicado en El País el domingo 19 de octubre ^{del 1980} pasado, especula acerca de la gravísima amenaza que para nuestro sentido del tiempo pueda suponer la generalización de tal clase de relojes.

Desde luego, Marías tiene razón en que el hombre ha conducido tradicionalmente sus mediciones por la vía de analogías espaciales. Así, una temperatura se viene midiendo por la longitud de una columna de mercurio y una corriente eléctrica por el desplazamiento angular de una aguja en un cuadrante graduado.

La medida continua del tiempo ha estado siempre relacionada con los movimientos cíclicos, con los astros o un traspaso de ellos, como por ejemplo las ruedas y piñones dentados de la relojería mecánica. En definitiva, con distancias o longitudes. Y sigue siendo así, por mucho que se haya avanzado en el grado de precisión de las técnicas. Hasta el año 1967, la rotación aparente del Sol con relación a la Tierra constituía el patrón de tiempo. Desde entonces, el segundo se define como << la duración de 9.192.631.770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133 >>. O sea, que el patrón de tiempo se ha trasladado del nivel cósmico al nivel atómico (precisión: 0,0000001 segundos por día) y ahora es una propiedad relacionada con la frecuencia - número de ciclos por unidad temporal - de un isótopo del cesio. Menor precisión que los relojes atómicos, pero muy superior aún a -

la de los relojes mecánicos, alcanzan los relojes electrónicos basados en las oscilaciones muy estables de una pieza de cristal de cuarzo. Convertidas estas oscilaciones en impulsos pueden mover las ruedas que controlan el movimiento de unas manecillas o ¡controlar la iluminación de unos dígitos decimales!

La descripción anterior nos sitúa ante algo que a menudo olvidamos, a saber, que una operación de medida se desarrolla al menos en dos partes: la medida propiamente dicha, o captación cuantitativa del fenómeno físico, y la expresión de dicha cantidad sobre una escala de valores. Desde un punto de vista técnico podría ser exactamente igual expresar una temperatura por una aguja moviéndose a lo largo de una escala graduada que hacerlo por medio de un visor con dígitos decimales, si no fuera porque también en el terreno de la expresión, la precisión y la rapidez están del lado de la segunda forma. Desde un punto de vista ergonómico, la cuestión puede ser diferente, cosa que saben muy bien los diseñadores de instrumentación compleja.

El discurso del intelectual Marías se mueve, es de suponer que con plena deliberación, en el terreno, no de la medida, sino de la expresión de la medida, que es a lo que, básicamente, es sensible el ser humano. Y, por ende, se refiere a la medida de una magnitud especial entre todas, el tiempo, que, más que una magnitud física, es una magnitud humana porque es el espejo en el que el hombre contempla el transcurrir de su vida. De ahí la multiplicidad de percepciones que ha generado a través de las culturas, percepciones que en un momento dado son muy difíciles de aislar unas de otras. Aquí partimos de que nos referimos al tiempo físico normal -si puede uno permitirse tal denominación- en que se ha convenido oficialmente para regular la mayoría de las actividades de los hombres.

Pues bien, en ese terreno de la expresión de la medida de este tiempo, la forma numérica no es otra cosa que el último estadio por ahora de una evolución que va desde las diferen

tes clases de relojes solares y nocturnales hasta los relojes actuales, pasando por los de pesas y péndulos y, antes, por los relojes de *duración* -relojes de arena, de aceite, <<clepsídras>> y las numerosas variantes de relojes de horas. No acierto a ver un progresivo <<empobrecimiento de la realidad de la que está hecha nuestra vida>> a cuenta de la dicha evolución, y mucho menos me atrevería a calificar a los relojes digitales como el germen de un <<extraordinario empobrecimiento>>. No veo que no se vaya a <<seguir viviendo la fluencia del tiempo>>. En el caso de que llegase a imponerse definitivamente este tipo de relojes, lo que se produciría sería un cambio en la forma de interpretar y de mirar la hora, uno más en la cadena de cambios desde Stonehenge, con la única diferencia de que hoy los cambios afectan a millones de seres humanos. El fluir del tiempo queda denotado implacablemente por el parpadeo de los dígitos que expresan los segundos y más lentamente los minutos, y todo el ciclo de las horas, los días y los meses es expresado por otros dígitos cuyo parpadeo no se aprecia debido a su baja frecuencia.

Convengo, no obstante, con Marías en que la presentación del correr del tiempo por el correr de unas manecillas, como ha sido y aún es hábito, es más intuitivo.

Que se ha ganado en precisión y se ha perdido en intuición, es un hecho. Cuando mi hijo de nueve años me dice que son <<las diez veintiseis y treinta y cinco segundos>>, en lugar de <<un poco menos de las diez y media>> y programa, a petición mía, la alarma de su reloj digital a las 2,15 p.m. - para salir del ensueño del juego y volver a casa a comer, me parece obvio que él -como yo y como cualquiera de los lectores- ha perdido intuición, relación directa con un sentido cósmico del tiempo. Observo que, por fortuna, sus relojes psicológicos siguen funcionando y un minuto de estudio es una hora y una hora de juego es un minuto, pese al incesante impulso tecnológico que erige una barrera tras otra ante la intuición.

Leer el artículo que estoy comentando no despertó en mí en modo alguno las reflexiones que acabo de hacer. Eso vi no después. En el momento, su lectura cerraba en mi mente un circuito asociativo conectándome insistentemente con la memoría donde guardaba yo algunos recuerdos de otra lectura: la de la *conferencia de las dos culturas*, de Snow. Me pareció - que Marías había escrito un ensayo ingenioso, poco más que - un ejercicio de estilo, tal vez por desconocimiento de <<la otra cultura>> (de mi cultura), que describía un problema - que a mí no se me antojaba tal y que, por el contrario, ni - rozaba lo que, en mi opinión, es un problema de gran trascen- dencia humana y social: el impacto de esos diminutos circui- tos que se esconden en los relojes digitales. Más tarde, he llegado a pensar que, probablemente, Marías experimenta un - desasosiego interior por ese impacto que se avecina -él resi- de con frecuencia en los Estados Unidos, donde ya se obser- va- y lo ha localizado desenfocadamente en su artículo.

Volvamos unos pasos atrás, a ver si encontramos por - algún lado la clave de este problema. He dicho que una opera- ción de medida se desarrolla *al menos* en dos partes. Claro es- tá que otras partes se intercalan entre las dos mencionadas - de captación o generación del fenómeno físico y de su expre- sión, y en ellas se desarrolla un proceso de transformación - que, día a día, se ha ido complicando con el avance de las - técnicas. Los relojes no son una excepción y, en el caso con- creto de los relojes digitales, tal proceso es ejecutado por pequeñísimos circuitos lógicos que tienen (o pueden tener) - una potencia de cálculo equivalente a los primeros enormes - computadores de los finales de los años cuarenta. No es extra- ño, por ello, que estos relojes sean capaces, además de calcu- lar y expresar el tiempo en los términos habituales, de memo- rizar alarmas, cambiar automáticamente el día durante todo el año, servirnos de agenda para los cumpleaños y hasta operar - de calculadora pulsable con la punta del lápiz.

La razón por la que se llaman relojes digitales no es,

después de todo, porque expresen la medida del tiempo con numeración digital decimal, como se desprenda del artículo comentado, sino porque su *modus operandi* es el de manipulación de las señales (físicas o no) en forma, siempre, de dígitos binarios. Ciertamente, son relojes numéricos, pero numéricos binarios, esto es, el equivalente a manejar toda la información (incluyendo, insisto, las señales físicas: formas de onda y demás) a base de unos dígitos que sólo pueden adoptar dos valores, el 0 y el 1, por ejemplo.

En resumen, los relojes digitales no lo son tanto - por su manera de expresar el tiempo -lo que (hay que reconocerlo) va muy ligado con su proceso interno-, como por este su *modus operandi*. Lo que, en mi opinión, convierte a los relojes digitales meramente en la punta de un iceberg, es que ese *modus operandi* y esos circuitos que lo materializan, que llamaremos *microprocesadores* para entendernos, se están empezando a aplicar por millones a muchas de las actividades de ocio y de trabajo del hombre: en el hogar para las tareas domésticas o para el juego o el entretenimiento, en el coche, en las clínicas, en las telecomunicaciones, en los instrumentos de laboratorio y de medida, en las máquinas-herramientas, en los cajeros automáticos de los bancos, en los mercados, - en las máquinas de oficina, en la redacción y confección de los periódicos, en las imprentas, en los distribuidores de gasolina, en el control de todo tipo de procesos industriales, ... Es la eclosión de la microelectrónica. ¡Cómo dudar - que ésta trae escondida en sus pequeños circuitos de silicio importantes cambios en la vida de muchísimas personas, en lo tocante al sentido del tiempo, en lo tocante al sentido del espacio y, en general, en lo tocante a las formas de vivir, asentadas cada vez más en lo futuro sobre un inframundo digital!.

Corría el año 1959, cuando Snow, muy sonadamente, dispuso que los intelectuales se agrupan con especial densidad alrededor de uno u otro de dos polos o culturas: la <<cultu-

ra literaria>> y la <<cultura científica>>. El era híbrido de ambas, novelista y científico de profesión. Como híbrido se hacía eco del abismo de incomprensión mutua que separaba las dos culturas. Su condición de científico se dolía, en cambio, de la predominancia política y social de la cultura literaria, impermeable ésta a los temas de la ciencia y de la industria que configuran, en estos tiempos y en grado sumo, la vida de los hombres. Corría el año 1959, y esta conferencia se dictó en Cambridge, Inglaterra. Había pocos computadores en el mundo por aquel entonces y hasta once o doce años más tarde no se inventaría el aludido microprocesador.

Nuestro país, hoy, como Inglaterra antaño, se polariza preferentemente en una cultura <<literaria>>, empleado este adjetivo en los términos propuestos por Snow. Acaso sea ésta una de las causas por las que bastantes de nuestros mejores intelectuales se ejerciten sobre problemas que a otros se nos muestran como anclados en un bloque de irrealidad? ignorando ipso facto el gran bloque bajo la superficie.

Relojes digitales

JULIAN MARIAS

Así se llaman en inglés, *digital watches*, y plantean un problema lingüístico. En esa lengua, *digit* es cada uno de los diez números arábigos; lo que se expresa en tales números es *digital*. Así los recientes relojes electrónicos que muestran la hora expresada en números que se pueden «leer». Pero en español, salvo una acepción astronómica, «dígito» es un adjetivo que califica a número: número dígito es «el que puede expresarse con un solo guarismo»; y en cuanto a «digital», el diccionario lo define como «perteneciente o relativo a los dedos» (por eso se llaman dígitos los diez números arábigos: del 0 al 9). Si los nuevos relojes se generalizan, habrá que denominarlos relojes «numerales» o «numéricos» o, lo que es mucho más probable, introducir las nuevas acepciones de «dígito» y «digital».

Pero lo que me preocupa no es una cuestión léxica; lo inquietante no es el nombre de esos relojes; son los relojes mismos. Si no me equivoco, representan una amenaza gravísima para el sentido del tiempo y, por tanto, para el sentido mismo de la vida humana.

Ya la generalización del uso de los relojes fue una cosa seria. Del tiempo vago, marcado por la posición del Sol en el cielo, por las variaciones de la luz, el recorrido de la Luna, la imprecisa medida del tiempo en la antigüedad, con relojes de sol, arena o agua, se pasó a la hora precisa de los relojes mecánicos; pero durante mucho tiempo eran pocos, estaban en las torres, en algún edificio público; luego, en los palacios; finalmente, en las casas —los relojes de péndulo de los comedores—. Rara vez los relojes acompañaban al hombre a lo largo del día, en el bolsillo o pendientes de una cadena o un broche, primer signo de la muñeca, después.

Creo que fueron los ferrocarriles

los que introdujeron un sentido «exacto» de la hora. Escusoso que los trenes salen siempre, o llegan (o deben llegar), a las 7 y 41 o a las 12 y 27 (nunca a las cuatro o a las nueve y media, nunca a una hora «redonda»). El rigor en el tiempo es cosa de hace siglo y medio, y ha introducido en nuestra vida una nueva conciencia de exactitud o inexactitud que antes no se tenía, nos ha hecho perder una de las muchas formas en que la *holgura* existe.

Pero lo grave viene ahora, con los relojes «digitales», que ya llenan las calles y usan tantas personas; esos relojes que nos dan, escrita en claros números, la hora que es. ¿Por qué es grave una innovación tan inocente?

La relación del hombre con el tiempo es muy delicada y compleja. San Agustín decía que sabía muy bien qué era el tiempo si no se lo preguntaban; pero si se lo preguntaban ya no lo sabía. Es la sustancia de la vida humana; nuestra vida es temporal, acontece en el tiempo, está hecha de tiempo; éste pasa, se desliza de entre nuestras manos, dura. A veces se hace muy largo, a veces pasa como un soplo. Quisiéramos retenerlo, y se escapa; quisiéramos eliminarlo, aniquilarlo, y se interpone tercamente entre nosotros y lo esperado.

La medida del tiempo, su cuantificación, es cosa difícil y problemática. Bergson pensaba que el hombre sólo se siente cómodo en lo «sólido inorganizado»; por eso mide bien longitudes: dos pulgadas, tres palmos, seis pies, una vara; o bien, treinta metros, cien kilómetros. Cuando hay que medir algo distinto

—temperaturas, presiones, magnitudes eléctricas—, el hombre se ingenia para traducir esas magnitudes elusivas a lo sencillo y claro: longitudes (o, lo que viene a ser lo mismo, arcos de círculo, ángulos). Así, el termómetro convierte la temperatura en la longitud de una columna de mercurio o alcohol.

Esto es lo que hacen los relojes tradicionales. Las agujas o manecillas, la corta y lenta, que se llama horario; la larga y rápida, o minuterio, la impaciente, que cuenta los segundos, se van desplazando por la esfera —que es como un rostro impasible— y señalando el paso, el transcurso del tiempo. Vemos cuánto falta para las seis; asistimos al movimiento del minuterio hasta que se han cumplido los tres minutos del huevo pasado por agua, o del primer pago de la conferencia telefónica, o el tiempo necesario para que suba el termómetro que tiene puesto el enfermo. Una mirada a la esfera nos descubre el tiempo de doce horas, de medio día; de una ojeada vemos el tiempo que falta hasta una ella, el que nos queda hasta una separación. El reloj, con su rostro y sus manecillas, nos da la duración; el transcurrir, el emplazamiento. Llevamos varios siglos viendo así el tiempo, viviéndolo de este modo; desde hace casi dos siglos, sobre todo en los últimos cien años, así lo hemos entendido; hemos aprendido a saber qué hora es interpretando las posiciones de dos agujas en un cuadrante, viendo esas posiciones como resultado de movimientos, de desplazamientos; en suma, de lo que ha pasado (y lo que ha pa-

sado es precisamente el tiempo).

Los nuevos relojes son algo enteramente distinto. Marcan —mejor dicho, «dicen»— la hora que es. Nos dan en cifras, es decir, conceptualmente, el *momento* en que estamos. Si al cabo de un rato volvemos a mirar, vemos *otra hora*; si queremos saber cuánto tiempo ha pasado, tenemos que restar la anterior de ésta, ejecutar una operación aritmética (que pronto no va a saber hacer casi nadie); pero, por fortuna, algunos relojes «digitales» llevan ya un calculador incorporado).

Pero esto quiere decir que el tiempo como *duración* desaparece. Estos relojes solamente indican el «cuándo» —que es, por cierto, la categoría aristotélica, correspondiente a la otra que es el lugar, el «dónde»: donde y cuándo, *no* espacio y tiempo—. Mientras el movimiento de las manecillas —que, con un poco de atención, es perceptible; que, en todo caso, se ve como recorrido o se puede anticipar —me da directamente, de un modo intuitivo, la *continuidad* del tiempo, su *duración*, la *distancia* temporal entre dos horas, la lectura de la hora actual reduce a instantes discontinuos, inconexos, toda esa vivencia del tiempo según la cual hemos interpretado nuestra vida. ¿No es aterrador? Imaginemos que dentro de unos cuantos años se hayan generalizado esos relojes, que los que hoy son jóvenes no conozcan otros. ¿Cómo verán, sentirán, vivirán, el tiempo? ¿No se habrá producido un extraordinario empobrecimiento de su realidad, de la cual está hecha nuestra vida? Ya casi ha desaparecido el tic-tac —el latido de un

corazón de metal», para Antonio Machado—; si se desvanece igualmente la duración, la persistencia, la medida del tiempo, y no queda más que el cuándo —una serie de «cuandos» entre vacíos—, ¿cómo se recordará, se esperará, se anticipará? ¿Tendrá sentido la metáfora de Quevedo, «¿cómo de entre mis manos te deslizas!»? Faltará precisamente la visión intuitiva de ese deslizamiento en la esfera del reloj, esa huella invisible que las agujas parecen dejar, la implacable seguridad con que se van acercando a la hora de cada cita, a la cita final.

Ese *espesor* en que la vida consiste, el que colectivamente da la memoria histórica —y que se está adelgazando hasta límites escalofriantes, amenaza destruirse, atomizado en «horas», en «cuandos», en el dominio de la vida individual, de la vida personal. ¿Se seguirá viviendo la fluencia del tiempo? La consulta instantánea, tantas veces al día, del reloj, ¿no disolverá la vivencia de ese flujo? Tal vez llegue un tiempo —mejor dicho, una «fecha» —en que ya no se entienda la vieja imagen que formuló de manera imperecedera Jorge Manrique: «Nuestras vidas son los ríos/que van a dar en la mar».

Cuando veo ese pequeño rectángulo negro, en el cual unos números blancos dicen qué hora es —en muchos casos sólo cuando se le pregunta, oprimiendo un botón—, siento que esa invención divertida, esa técnica nueva e inofensiva, puede arrebatarnos, sin ruido, sin que nos demos cuenta, un enorme fragmento de la interpretación de nuestra propia vida. Y como la vida humana es la única realidad que lleva incluida en sí misma una teoría intrínseca, que consiste en su propia interpretación, lo que amenaza volatilizarse y desaparecer es una porción esencial de nosotros mismos.

ARE THERE FIVE INFORMATICS SUBCULTURES?

F. Sáez Vacas

Professor on Computer Science
Politechnical University of
Madrid.

July 1981

ABSTRACT.

In national communities many problems arise derived from the lack of an adequate comprehension of the cultural and social dynamics of computer science.

After classifying fifteen years of experience, the author has come to postulate the existence of five different "subcultures" or "territories", which generate distinct and peculiar sublanguages and behaviours, with specific communication and education channels. Naturally, these territories interconnect and even overlap to a certain degree. However, depending on the country, they develop in an heterogeneous manner, the development being important in absolute and relative terms, as it determines the global behaviour of the informatics of the country in question.

This sociotechnical concept, though elaborated by the author some six years ago has not been published until now. In this paper the most relevant characteristics of five postulated subcultures are defined and exposed.

1. A POSTULATE: FIVE INFORMATICS* SUBCULTURES.

It is well known that the sort of technical matters that attract the attention of a university professor of the Computer Science Department has little to do, if anything at all, with those which concern the DP manager of a bank or an automobile manufacturing company. It is as well obvious that that which is under cover of the Communications of the A.C.M. resembles for example, as an egg does a chestnut, that which one finds leafing through a Datamation magazine.

These are merely differences that separate professional activities from their communication organs. In fields such as medicine similar observations have been categorized, studied and various conclusions drawn.

The informatics activity has already acquired an economical and social importance of the utmost magnitude. However, numerous political decisions about such activity are adopted without a rational basis, owing to, more than anything else, the explosive swiftness of its development. Specially, the slightest knowledge of its sociological structure is lacking.

* This term is of little or no use in the anglosaxon world, but in our opinion, it is far more global than computer science and engulfs the latter and others.

The paper here set forth postulates a first level systematization on an accumulation of personal observations of a sociological character which, when further elaborated, may serve -we believe- as an aid in evaluating decisions of a political nature in the field of informatics, and therefore, in the informatics educational policy.

Our taxonomy establishes that the informatics cultural system is composed of five subsystems. From a zoological standpoint we could also speak of territories, instead of subcultures, being, however, human beings the protagonists. Five subcultures which generate different and peculiar sublanguages and behaviours, with specific communication and education channels. Five territories with power conflicts.

Before describing the general characteristics of these subcultures and briefly examining some outcomes, the following should be underlined: these subcultures are interconnected and even overlap (that is to say, their limits are fuzzy and they develop in a manner quantitatively different in each country). It is precisely its quantification which in absolute as well as relative terms would give the concept its political importance, meaning a global behaviour measurement of the informatics of the country in question.

Here are the names of the five subcultures: a) informatics-science, b) informatics-industry; c) informatics-business; d) informatics-use; e) informatics-myth.

2. A SOCIOTECHNICAL CONCEPT. FIRST APPROXIMATION.

In spite of, as is natural, the author finding himself convinced of the adjustment of his taxonomy, he does not find himself at ease in the role he has now taken on as sociologist or anthropologist, perhaps because it is his habit to handle more precise and formalized concepts. Therefore, when he says informatics-science he is referring to an entity for which he lacks a terminology to express its attributes and the quantitative value of those attributes. May it be understood that he is not referring to the science of informatics, as now the discourse lies in a field in which notions proper of social sciences are dealt with. But social sciences are anthropocentric sciences, so that our approach should be conditioned by the human being and social entities ways of living the informatics object.

He who lives informatics as informatics-science approaches it as a scientific object, seeking the fundamental, the knowledge in it. This is his main criterion, which further on fans out into a gamma of topics and problems. It is like a tension which organizes, impels and guides his activity; and can as easily affect the modest programmer of an insurance company's data processing.

center as, and not necessarily nor solely, though it is more frequent, a candidate for a doctor's degree who is wrestling with his thesis on concurrent programming.

Informatics-industry establishes production of, say, machinery, services, software ..., as the supreme value. This segregates some techniques and methodologies and as interchanging devices its magazines, congresses, pressure groups, as diverse as necessary according to the object or set of objects produced.

It may seem strange to establish a separate group for informatics-business, which apparently is indissolubly linked to informatics-industry. In informatics-business the lines are oriented by monetary patterns. It is obvious that the business of informatics lies in the opening up and the amplification of markets to those products of the industry of informatics. But it is actually possible for a business of informatics to exist without finding itself locally attached to industry and this is not a singular case, rather something that is taking place in many countries. Therefore, it is licit to separate both subcultures as, in general terms, they are generated by the social entities of industry and business, respectively.

Those who belong to informatics-use are those who make of informatics an instrument to solve their problems: here they are not interested in whether FORTRAN is more or less elegant than PASCAL, rather which is more simple and efficient for a certain

application. For them, it is of no interest to know whether the computer is endowed with cache memory, bipolar circuits or an hierarchical operating system, but only if it has a capacity for fifty simultaneously connected users with a response time inferior to a certain quantity. The computer is used for something and that something is what shapes the superior values of the scale.

The majority of the non-informatics professionals but educated citizens can be found in the subculture I call informatics-myth. They have formed an idea of informatics based on what they have seen and heard, in the press, novels, some films, on television and in science fiction works. The computer, that magic electronic brain, is capable of the most incredible things for the best or worst of mankind, being as the two great versions exist. Naturally, with some exceptions, this subculture is created and divulged by some citizens who habitually or circumstantially concern themselves with these topics such as journalists, novelists, screenwriters, television writers, science fiction authors, and social science essayists. Informatics and its factotum, the computer, acquire the category of myths which hover above all of us.

Numerous pages and a great deal of time would be necessary to explain and demonstrate that these five categories I am distinguishing correspond in principle to those mental representations and perceptions that individuals and social entities make of informatics and that, consequently, these categories do not have to

coincide with official classifications. The official classifications do not take into account sociotechnical shades and, in my opinion, only recognize explicitly two categories: the science of informatics, set in the university and in public and private research centres; and, the industry of informatics, evaluated periodically by financial institutions, so typical of the DP material manufacturers and the service societies. The latter category subsumes the whole, made up of its hardware, software and service clients.

3. THE INFORMATICS CULTURE AS RESULTANT. CONSEQUENCES.

The described taxonomy appears at a first glance only as a curious personal theory, without further transcendence. Almost six years ago the author coined it and must confess that, in the beginning, he himself took it as an intellectual game; but with time he came to the conclusion that it represents -rather, can represent- a descriptive as well as normative model as for the state of informatics of a country or community. Why?

Let us imagine simplistically that the observable whole of the informatics activity can be modeled by five force vectors, their axes having different directions with the words "know", "product", "money", "instrumental utilization" and "myth" inscribed on each one of the arrowheads. The vector resultant would depend on the intensity of each one of them and would theoretically vary from

the greatest neutrality to the absorbent predominance of one of these forces. Another way of seeing it is as a system made up of five subsystems with the outputs of some or all connected with the inputs of others. The flows and interchanges are extremely varied*, it therefore also being licit to imagine informatics as a whole like a field where five representation flows intercross and interpenetrate. The balance at each point emerges as a more or less complex hierarchization of the subsystems, representations, subcultures, forces, behaviours, codes. The system is dynamic, variable in space and time.

Abstraction drawn from space, there is no doubt that historically the three first subcultures carry out a more active role; at the onset informatics-science, later informatics-industry and at present informatics-business have been occupying first place on the influence scale. To a certain extent, the two remaining subcultures have been created by the previous ones.

The importance of this fact lies in that informatics-use and informatics-myth are the subcultures of a number of individuals and social entities incommensurably superior to the others which, however- intellectually colonize them from a historical standpoint. In other words, its ideas, methods, beliefs, language and preferences are suggested, taught, imposed. The political decisions

* Including at time, naturally, repellent forces.

that affect, or are affected by, informatics are taken on by people whose informatics subculture is habitually situated at the lowest echelons of the hierarchy which shapes at each moment the general informatics culture.

As an illustration, I shall now examine the panorama which I dare qualify as distortionating, unless it is recognized and assumed in the proper conditions. A country such as Spain* shows a real and global informatics culture composed of very important dosis of informatics-business and informatics-myth, an average dosis of informatics-use and a derisory dosis of informatics-science and informatics-industry**. Such a situation converts the national spanish informatics into an informatics intoxicated by cultural values segregated without any compensation whatsoever by a commercial vector.

Recently there have been created in Spain university, technical and labour instruction in informatics. Informatics courses are also being incorporated into the curricula of schools of Engineering Economics and others. It is supposed that the necessities of their respective cultural segments should be attended to***.

* Structurally different situations exist in other countries that without a doubt shape their national informatics peculiarities.

** Although there is a small industry of informatics, its standard has little to do with what we here refer to as informatics-industry being as to a great extent it works on imported know-how.

*** Although, as this concept has not yet been divulged, it is difficult this supposition be made.

This is a random matter, and it is most probable that they fall into one of these two temptations: a) openly follow the informatics-use outlines, which we know to be more or less deeply mediatized by the cultural schemes put into circulation by business, b) follow the accepted informatics-science values. Let us venture that this last option is highly unstable in an environment radically oriented according to other messages and will not be able to hold itself up other than in a walled in redoubt possessing subterranean passages communicated with an international superstructure (magazines, congresses, groups ...) and pits which separate it from its immediate environment. At all events, in the end this situation will tend to turn to a schizoid state* with an informatics-science appearance that will neither satisfy its outlines nor will it connect with the predominant expectations of the informatics-business and use. The protagonists themselves will unconsciously mask this reality, the practical repercussions being quite varied and not in the least trivial.

Let us generalize the anecdote of the Spanish case.

No one can ignore the preponderance of the economy in the Western informatics panorama, but however the inexistence or precariousness of the informatics-science and informatics-industry subsystems

* In my opinion, it has already been reached or this state is on the verge of being reached.

(historically basic generators of knowledge and know-how) produce the power explosion of technico-economical and mythological parameters that overflow into instrumental inflation, operative inefficiency and intellectual dependency on the whole of informatics.

4. PROPOSAL: A SECOND APPROXIMATION TO THE FIVE SUBCULTURES CONCEPT.

The possibility of quantifying, in some manner, the model proposed may increase its interest. Returning to the anecdote, for the author it is obvious that Spain is a country which, in relative terms, consumes instrumental informatics equipment at a level similar to that of France; but at the same time he finds it evident that, outside this informatics-business vector, no other similarity with France is possible owing to the heavy dosis of informatics-science and informatics-industry available in France. It is an example that, for the present, does not lead us to any quantification of the differences of the general informatics behaviour in one country or the other.

We believe that a set of quantifiable parameters of the cultural informatics attributes could be synthesized by means of a meticulous and intelligent job of compared analysis of the contents

and forms of the communication organs of country: newspapers and magazines of a widespread circulation (technical articles, informatics job offers and advertisements ...), technical and scientific magazines including in a special way those of informatics, congresses and symposia, technical and scientific societies. This is a job to be developed by a team of sociologists and informatics specialists who, in such a way so as to be able to arrive at general conclusions, would offer practical applications in the field of informatics politics, of special use to developing countries. One of these applications would be education, which usually is implanted imitating other countries, whose cultural informatics systems are in a development state at times quite distant in terms of the quinary scheme here proposed.

EL CRESPOSCULO DE CIERTA CLASE DE ROBOTS
(Una perspectiva histórico-científica de la Robótica)

por F. Sáez Vacas

Ilustraciones: F. Sáez Lara

"Salomon saith: There is no new thing upon the earth. So that as Plato had an imagination, that all knowledge was but remembrance; so Salomon giveth his sentence, that all novelty is but oblivion. (Francis Bacon: Essays - - LVIII)". Citado por Borges en El Inmortal.

1. DEL ROBOT, A TRAVES DE SEMANTICOS LABERINTOS

"En la actualidad hay un total de unos 60.000 robots en todo el mundo, instalados en fábricas, como hemos visto - en la empresa Toyota. Su localización es la siguiente: 6.000 robots en Alemania Federal, 3.200 en los Estados Unidos, 600 en Suecia, 300 en Francia, 180 en Gran Bretaña, un centenar o menos en media docena de otros países. Y 47.000 en el Japón". A quien lea esto, y lo puede leer cualquiera en la página 214 de la edición española del libro El Desafío Mundial - de Seryan-Schreiber (1980), acaso se le ocurra preguntarse - si existirá una estadística similar acerca de los robots instalados en el mundo geopolítico de la fantasía: los cómics, las narraciones de ficción científica, las series TV y el cine, desde "Metrópolis" hasta "Odisea 2001". ¿O tal vez, habría que retrotraerse a épocas anteriores?

Si el mismo lector cayera en la curiosidad intelectual de investigar la significación precisa del término 'robot', con toda certidumbre ello le conduciría a adentrarse en un laberinto semántico, algunos de cuyos caminos discurren a lo largo del túnel del tiempo. La moderada pero sutilmente lábil polisemia del término le serviría de cualquier cosa menos de solícito lazarillo.

Diccionario de la Real Academia
Española de la Lengua (R.A.E.L.)

ROBOT (del ingl. robot, y éste del checo robota, trabajo, -
prestación personal). m. Ingenio electrónico que pue
de ejecutar automáticamente operaciones o movimien--
tos muy varios. || 2. Autómata.

AUTOMATA (del latín y del griego). m. Instrumento o aparato
que encierra dentro de sí el mecanismo que le impri-
me determinados movimientos. || 2. Máquina que imita -
la figura y los movimientos de un ser animado || 3 -
fig. y fam. Persona estúpida o excesivamente débil,
que se deja dirigir por otra.

Ecyclopoedia Universalis. Thesaurus Vol 20.

ROBOT.

Automate Vol 2. pag. 848

(The advanced learner's Dictionary of Current English 2nd
edition 8th impression, Oxford University Press, 1967)

ROBOT n. mechanism made to act like a man; machine-like -
person.

AUTOMATON n. (pl. -tons, -ta) person who appears to act in-
voluntarily or without active intelligence.

Cuadro 1. Definiciones de 'robot' (y, por vía de consecuencia,
de 'autómata') en los diccionarios comunes.

Paseando azarosamente por los diccionarios de uso general y por la literatura narrativa, cualquiera podría comprobar que los vocablos 'robot' y 'autómata' se entrecruzan casi recursivamente, cuando no conviven en sospechosa confusión. - El mundo de los robots parecería una historia de hoy, pero - quizás forme parte de una historia increíblemente vieja, la - historia de una secuencia de "infinitesimales procesos" (Borges), con los que la humanidad se ha ido dando artefactos animados de movimiento y cargados de simbolismo.

2. DE CUANDO LOS AUTOMATAS ERAN, POR ASI DECIRLO, VULGARES.

La creación de figuras animadas, más o menos complicadas a tenor del estado científico y técnico de cada época, - parece haber sido una de las necesidades elementales de las comunidades humanas desde tiempos inmemoriales. En las prácticas ceremoniales, el hombre primitivo utilizaba máscaras articuladas zoomorfas y estatuas animadas a través de las - cuales brujos y sacerdotes revestían una nueva personalidad, en un juego de símbolos y signos. En Egipto, por ejemplo, pequeñas estatuas, algunas hoy dormidas en los museos, que reproducían los movimientos cotidianos, ofrecían morada a las almas de los muertos en su peregrinar.

Pero fueron soberbios ingenieros griegos alejandrinos y de Bizancio, al tiempo matemáticos y médicos, quienes inventaron mecanismos accionados por el agua, el fuego, el aire y la tierra desde el siglo quinto antes de nuestra era. - Entre ellos se ha conservado memoria -por sus escritos o por las traducciones que de los mismos han llevado a efecto sabios árabes mil años después- de Ctesibios, Filón, y Herón de Alejandría. Ciertamente, éstos combinaron, en forma inigualable, pistones, sifones, resortes, ruedas dentadas, vasos comunicantes, levas, para diseñar clepsídras, lavabos - automáticos, juguetes, máquinas escénicas. Al menos en teoría, y según se desprende de los esquemas rescatados a la voracidad del tiempo, la idea de autómata llegó a alcanzar una -

gran perfección en la mente de Herón: 1. Los mecanismos actúan en virtud de su estructura interna; 2. La acción procede de una organización de las fuerzas motrices, naturales con el peso (materias pesadas, agua) y artificiales con el vapor de agua o el aire comprimido; 3. Los más perfeccionados son móviles, pudiendo desplazarse solo el conjunto.

Occidente recogió de manos del inefable intermediario árabe la herencia de estos ingenios, que se traslada y perfecciona hasta el Renacimiento, después de una trayectoria de jardines y relojes adornados con autómatas, de intentos de autómatas andróides, a lo largo de los siglos XII, XIII, XIV y a lo ancho de España, Sicilia y Alemania. Italia y Francia recogen esa antorcha, que se ilumina ahora con el refinamiento renacentista en juegos de agua, instrumentos musicales automáticos, artefactos antropomorfos o zoomorfos y relojes animados, de finísima factura. Al decir de los cronistas, el ingeniero francés Salomon de Caus diseñó, a principios del siglo XVII, las primeras máquinas cuyo programa de funcionamiento estaba perforado en un tambor giratorio. Todo esto es muy interesante, pero más que todo lo es la significación humana y filosófica que el progresivo dominio de la tecnología mecánica y fluidica proyecta: una visión mecanicista del organismo del animal y del hombre es trazada, con gran fuerza por De Vinci, Rabelais, Vesalio (quien en su obra principal utiliza la palabra 'fábrica' para referirse al cuerpo humano) y Descartes, entre otros.

CUADRO 2

Es el francés Vaucanson quien, a mediados de los milsetecientos, eleva la construcción de autómatas mecánicos a la categoría de 'cum laude' e incluso proyecta hombres artificiales para demostraciones anatómicas. La misma tradición se extiende a los siglos XVIII y XIX, aunque a finales de éste cabe detectar el inicio de una rama, que pudiera denominarse de autómatas lógicos, culminada genialmente y en clave de

.HERON DE ALEJANDRIA (125 a.C.)

Autómata de agua. El agua de un recipiente fluye a un pedestal hueco mientras que unos pájaros artificiales cantan, deteniéndose cuando el pedestal se llena. En ese momento, un sifón lo vacía en un depósito unido a una cuerda con polea y contrapeso. Los pájaros reanudan ahora su canto, en tanto que desciende el depósito haciendo girar un atril en cuyo extremo posa un buho. Al vaciarse este depósito, el buho retorna a su posición inicial, el depósito asciende, los pájaros detienen sus gorjeos, etc.

. LEONARDO DE VINCI (1499)

León florecido. Un león animado se presenta ante Luis XII a su entrada en Milán, se detiene ante él y descubre su pecho donde, en lugar de corazón, porta flores de lis.

. VAUCANSON.

El flautista (1738). Androide sedente de 1,50 m de altura. El aire que acciona el instrumento sale de su boca, los labios lo modulan, y los dedos, obturando o liberando los agujeros del instrumento, producen los sonidos de hasta doce melodías distintas.

El pato digeridor (1739). Recubierto de cobre, bate alas, come grano y lo defeca ya digerido.

(Nota: mientras que el movimiento de las alas era una obra de arte de simulación anatómica, la digestión tenía truco, si bien éste no fue descubierto hasta muchos años después).

Cuadro 2. Algunos autómatas prerrobóticos y sus autores (Universalis 2, 848, edición 1978).

tecnología electromecánica por el ingeniero español Torres - Quevedo (Jugador de Ajedrez (1912/1920), Telequino (1902)).

De esta rama de los autómatas y de su entrelazamiento con otras líneas de desarrollo, como las calculadoras y las máquinas estadísticas, nacerían los computadores. Y también otra clase de autómatas y robots muy peculiares, en nada parecidos a los autómatas mecánicos. A partir de este hito, la morfología cederá el paso a la funcionalidad y los conceptos abstractos ocuparán la primera línea. (Véase cuadro con opiniones de Torres Quevedo (1852-1936)).

CUADRO 3

3. DE ESTE TEMA: AUTOMATAS ABSTRACTOS/CIBERNETICA/AUTOMATICA+
+ EL ROBOT.

Si el curioso destino hiciera que el mismo lector desembocara, sin previo aviso, sobre determinadas definiciones de 'autómata', como el 'autómata de estado finito' o el - - 'autómata estocástico', probablemente le ocasionaría moles--tos problemas, no sólo por su dificultad de comprensión, sino por lo que implican de súbita disociación cultural. Porque - ¿qué demonios tienen que ver estos últimos autómatas con los que vienen descritos en los diccionarios?. Ese lector tendrá identificados a estas alturas al autómata con el robot y el robot con el autómata. Ya no le suena extraño imaginar los - robots de la ficción científica como descendientes de los viejos autómatas de la historia. Y, de repente, se tropieza con estos autómatas, que no tienen brazos ni piernas, que sólo son fórmulas y se dividen en clases abstractas: autómatas MT, - ALL, AP, AF, por ejemplo. ¡Ardua tarea la de encontrar alguna relación entre tales clases y otras más familiares de robots, tal vez los robots SPD, QT, DV, ... individualizados por Asimov y convertidos por el mismo hecho en amigos del lector: SPD-13 es Speedy, QT-1 responde por Cutie, a DV-5 se le pue-

(1914). Citado en José García Santesmases "OBRA E INVENTOS DE TORRES QUEVEDO", Colección Cultura y Ciencia, Instituto de - España, 1980.

"Estos autómatas tendrán sentidos: los termómetros, - los dinamómetros, las brújulas..., aparatos sensibles a las circunstancias que pueden influir en su marcha; poseerán - - miembros -las máquinas-, aparatos capaces de ejecutar las - operaciones de que estarán encargados y que dispondrán de la energía necesaria. Además, y éste es el principal objeto de la automática, es preciso que los autómatas sean capaces de discernimiento, que puedan en todo momento -teniendo en cuenta las impresiones que reciben o incluso las que han recibido antes- ordenar la operación deseada".

(1915). Citado en Fernández y Sáez Vacas "FUNDAMENTOS DE LOS ORDENADORES", Dpto. Publicaciones E.T.S.I.T.M., Madrid, 1979.

"Los antiguos autómatas... imitan la apariencia y movimientos de los seres vivos, pero esto no tiene mucho interés práctico, y lo que se quiere es una clase de aparatos que deje a un lado los gestos visibles del hombre e intente alcanzar los resultados que obtiene una persona viva, reemplazando así un hombre por una máquina"

Cuadro 3. Opiniones de un genio precursor de la Automática,
Leonardo Torres Quevedo.

de llamar Dave....!.

CUADRO 4

Supongamos que un amigo del lector ha investigado este tema. Con datos en la mano, le va a aclarar a él, y de paso a todos nosotros, sus dudas.

Punto 1. Fue hacia 1920 -tal vez en 1917, según ciertas versiones- cuando el escritor checo Karel Čapek escribió una obra teatral titulada Los Robots Universales de Rossum (R.U. R.), que se representó por vez primera en Praga en 1921. Se atribuye a un hermano de Karel la acuñación del término 'robot'. En la obra, los operarios robots se rebelan y matan a sus creadores. 1926 ve el lanzamiento de Amazing, la primera revista dedicada única y exclusivamente a la ciencia-ficción. En 1927 se estrena la película "Metropolis" de Fritz Lang, -que escenifica la dominación del hombre por las máquinas.

Punto 2. Engelberger, al que algunos toman por el pope occidental de la robótica industrial, considera al gran divulgador científico Asimov como inventor de la palabra 'robótica' (también, 'robotología') por el año 1942. Los robots de Asimov son simpáticos y comprensivos y no atentan contra sus creadores, sujetos como están (los robots, no los creadores) -por construcción- a respetar tres leyes fundamentales (los robots de Asimov, no los demás robots).

Punto 3. Utilizando a veces el nuevo término de impacto, 'robot', los científicos cibernéticos de la década de los 40 -diseñan robots autorregulados, mediante sabia combinación de la tecnología giroscópica (entre otras tecnologías) y de las técnicas de servos y computadores analógicos. Aiken, von Neuman y Wiener fundan por entonces la Sociedad Teleológica, dedicada al "estudio de cómo se realiza el propósito en la conducta animal y humana y... de cómo puede ser imitado por medios mecánicos y eléctricos". Es el inicio de una larga serie de máquinas y robots cibernéticos diversos, hasta nuestros días.

AUTOMATA FINITO

Un autómata es una quintupla:

$$A = \langle E, S, Q, f, g \rangle,$$

donde:

E es un conjunto finito, llamado conjunto de entradas o alfabeto de entrada, cuyos elementos llamaremos entradas o símbolos de entrada.

S es un conjunto finito, llamado conjunto de salidas o alfabeto de salida, cuyos elementos llamaremos salidas o símbolos de salida.

Q es un conjunto llamado conjunto de estados.

f es una función $f: E \times Q \rightarrow Q$, llamada función de transición o función de estado siguiente.

g es una función $g: E \times Q \rightarrow S$, llamada función de salida.

Esta definición formal puede interpretarse como la descripción matemática de una máquina que, si en el instante t recibe una entrada $e \in E$ y se encuentra en el estado $q \in Q$, entonces da una salida $g(e, q)$, y pasa al estado $f(e, q)$ en el instante $t + 1$.

AUTOMATA ESTOCASTICO

Un autómata estocástico o probabilista es una quintupla

$$A_p = \langle E, S, Q, P, h \rangle,$$

donde:

E, S, Q son, como en los autómatas deterministas, los alfabetos de entrada y salida y el conjunto de estados, que supondremos finito:

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$$

$h: Q \rightarrow S$ es la función de salida (consideraremos sólo autómatas de tipo Moore), que se supone determinista.

$P: E \times S \rightarrow \{0, 1\}^n$ es la función de probabilidades de transición:

Punto 4. En 1948, Wiener publica las bases científicas de la Cibernética, reinventando el nombre y algunas ideas. Por lo menos Platón y Aristóteles y, más recientemente, Ampère y Maxwell pueden ser considerados como ancestros de su concepto central. (Para Aristóteles, desde el punto de vista económico, el esclavo (de aquí viene el término 'siervo' y el prefijo 'servo') no es sino "un instrumento animado" de su amo).

CUADRO 5

Punto 5. Durante las décadas de los cincuenta y sesenta se desarrolla fuertemente la teoría matemática de los autómatas (los aquí denominados autómatas lógicos). Cabe decir, aunque no de modo absoluto, que, en un plano conceptual, la teoría de autómatas forma parte de la Automática y ésta de la Cibernética. De otro lado, la misma teoría es componente básico de los cimientos de la Informática, imbricándose en éstos con las teorías, eminentemente abstractas, de lenguajes y de la computación.

En la discreta medida en que nuestro pseudodiagrama darwiniano sea resumidor de la marcha evolutiva del autómata/robot, apreciamos en él dos grandes líneas. Una, popular, cuyas raíces se hunden en el pasado, que da el 'autómata vulgaris' y, luego, el 'robot vulgaris', que son el mismo salvo el cambio de nombre y de significación. El calificativo 'vulgaris' se aplica en su acepción de asequible-al-hombre-de-la-calle. Otra línea, derivable en parte de la anterior, pero que refunde además otras ricas tradiciones técnicas y científicas tiene su cúlmen y charnela en la cibernética. Sus robots son producto del pensamiento y del trabajo de grupos muy especializados (cosa normal, ciertamente) y, ciertamente, su funcionamiento resulta incomprensible para la inmensa mayoría de los ciudadanos: alta tecnología, máxima abstracción, antropomorfismo nulo.

DIAGRAMA

Nacida hace más de 2000 años, la palabra 'cibernética' la empleaba Platón en el sentido de arte de pilotar (un barco) o de arte de dirigir a los hombres. En un sentido general, era el arte de guiar.

En el siglo pasado, Ampère reinventó la palabra para darle el sentido de "estudio de los medios de gobierno".

Después de un nuevo olvido, N. Wiener la reinventó en su obra "Cybernetics" (1948) y le da la siguiente definición:

"el campo entero de la teoría del control y de la comunicación, en la máquina y en el animal".

Cuadro 5. Cibernética: vocablo viejo para designar una ciencia nueva, que contiene alguna idea antigua (J. Roux, ET DEMAÏN... LA MACHINE A GOUVERNER?, Eyrolles, París, 1972.

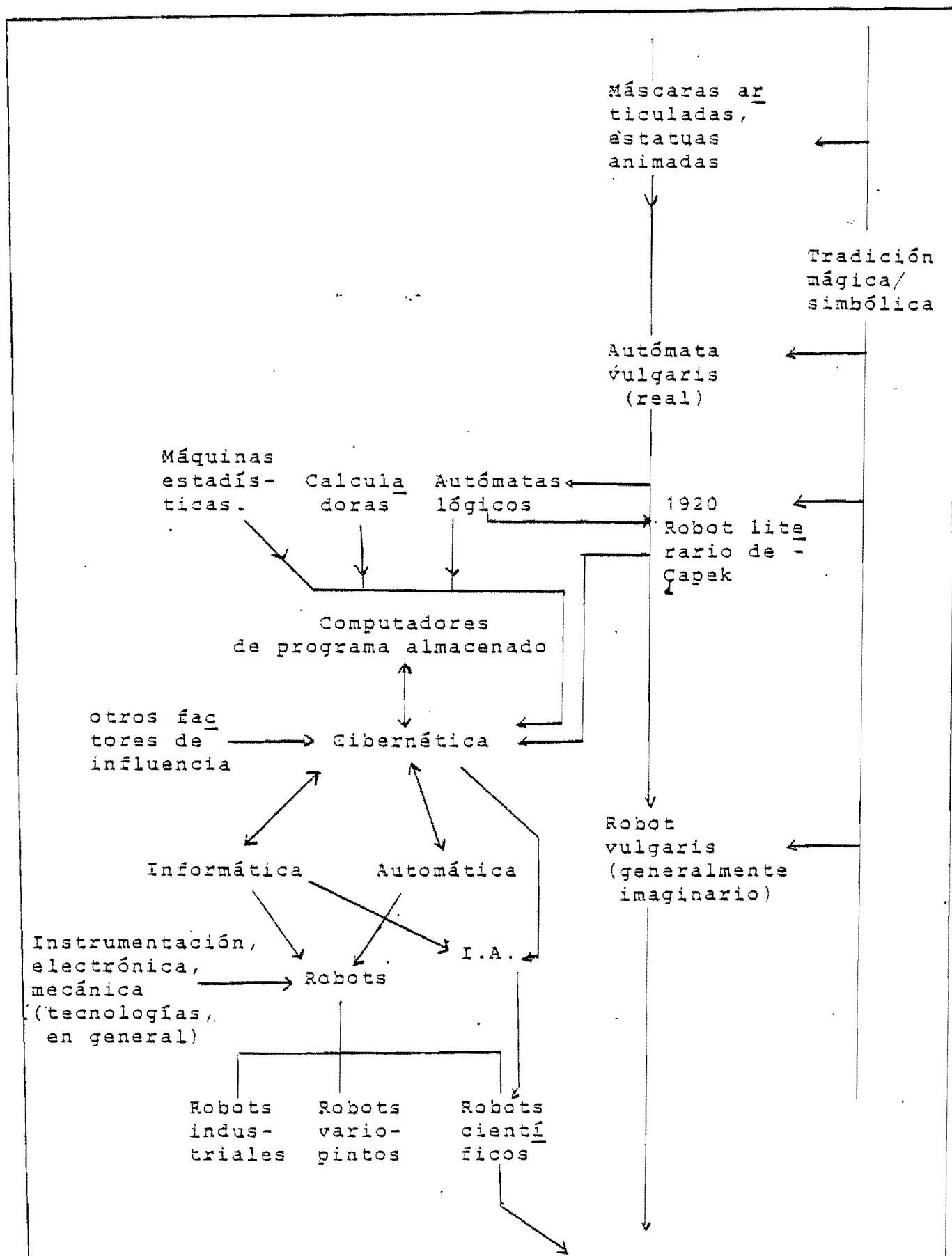


Diagrama ¿darwiniano? de los robots (Sáez Vacas, 1981).

En resumen, los autómatas históricos (vulgares, ya saben, y reales por lo general, al menos en su apariencia) se transfiguran, casi directamente y por un golpe de suerte en la elección del vocablo, en robots populares (de ficción, - por lo general) y en robots técnicos (véanse definiciones - técnicas), estos últimos integrados por autómatas lógicos. - La acepción común de 'autómata' no es de recibo en el mundo especializado y viceversa. Por desenmarañar este lío semántico, denotaremos aquí 'autómatas prerrobóticos' a los autómatas históricos, distinguiéndolos así de los autómatas abstractos, y 'robots automáticos' a los robots hijos de la cibernética, diferentes éstos de los robots hijos de la ficción, - que perduran en la imaginación de la gente común.

CUADRO 6

Siguiendo una jerga (ciencia positiva, economía positiva,...) establecida, aunque discutible, los robots automáticos serían materia de la robótica positiva, que resulta ser un subconjunto dentro de la Cibernética o de la Automática, según gustos. La robótica fantástica constituiría el ámbito de creación y degustación de robots generalmente imaginarios, alguna vez reales, pero en todo caso imaginativos.

Suficientes indicios conducen a pensar que a corto - plazo el robot técnico va a desplazar al robot fantástico, - al popular robot, al robot vulgaris, de la mente de la gente común. Son señales que anuncian el crepúsculo de esta clase de robots. Dentro de poco, a lo mejor no hay más robots que los robots técnicos y la única Robótica será la que aquí se ha denominado Robótica Positiva.

Dentro de la variedad de robots técnicos cabría practicar una pormenorizada categorización según sus funciones, estructura y grados de complejidad. Mas no siendo tal cosa, ni siquiera de lejos, el objetivo de este trabajo, solamente se consideran aquí los robots industriales, los robots variados y los robots científicos. Cualquiera de ellos responde, pertrechado con algunos o con todos sus elementos, al es

1. Robot Association of America

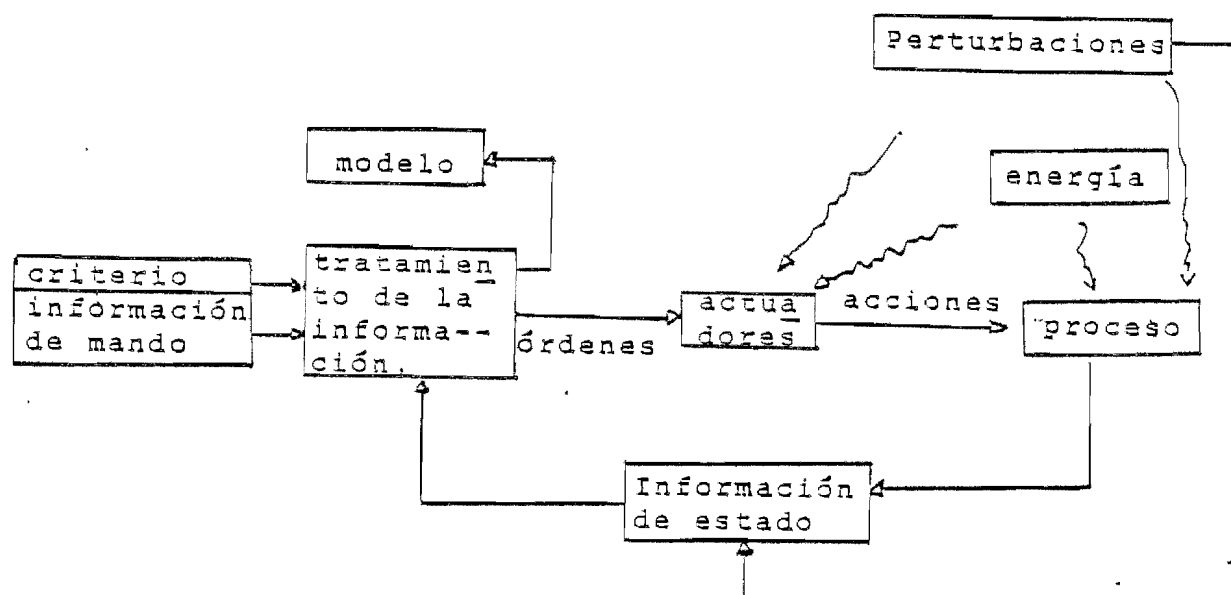
Un robot es un manipulador reprogramable multifuncional diseñado para mover materiales, partes y herramientas o aparatos especializados, según movimientos programados, para la realización de una variedad de tareas.

2. M.A. Arbib

Un robot es una máquina controlada por un ordenador que puede sentir cosas a su alrededor cuando ejecuta órdenes humanas. Puede tener sensores táctiles para notar cuándo choca con objetos, o una cámara de TV para entrada visual. Un robot de manos y ojos tiene una entrada de TV y una mano con la que puede tomar objetos. Un robot móvil tiene ruedas para moverse sobre ellas.

Cuadro 6. Definiciones técnicas de 'robot' (1. J. Ferreira, THE STATUS OF ROBOTICS, Diebold Research Program Europe Update on databases, robotics. Document n° F46: International Conference Proceedings 46th Conference. Atenas 28-30 Abril 1981; 2. M.A. Arbib, ORDENADORES y SOCIEDAD CIBERNETICA, AC, 1980.

quema de sistema de control automático (Naslin, 1978), si bien en la práctica los niveles de automatización son extraordinariamente diversos.



ESQUEMA DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO (p.ej. un robot)

En el esquema anterior está implícito naturalmente el siguiente esquema básico: sensores + computador + efectores. A grandes rasgos, los sensores captan la información de estado y los actuadores cumplen el papel de efectores. Es el proceso, esto es, la actividad sobre la que se ejerce el robot, quien particulariza a éste desde todos los puntos de vista.

Así, el robot industrial asume tareas acordes con su nombre. Interviene en cadenas para funciones de carga y descarga, transferencias, montaje, ensamblaje, soldadura, pintura, fundición, corte, ... Su especificidad con respecto a las otras clases de robots nace, por encima de otros factores, - de su estructura mecánica articulada, de los órganos actuadores de potencia y del órgano prensor o "mano", es decir, del manipulador en su conjunto (en su caso, telemanipulador).

Nadie puede dudar que el mayor impacto práctico de la

robótica le corresponde a la robótica industrial. Dicho impacto se mide, por ahora, en términos de aumentos impresionantes de la productividad, mejoras de la calidad de los productos - manufacturados, ahorros de material, eliminación de riesgos físicos y también de conflictos laborales (o sea, eliminación -no física- de personal).

Denomino robots variopintos a aquellos, mucho más específicos, dispersos y menos numerosos, que encuentran o encontrarán su aplicación en los campos de la medicina, de la aventura aeroespacial, de la investigación oceanográfica o de la investigación nuclear.

Por último, el robot científico es el robot donde se colocan avances últimos, especialmente en lo que toca a sensores y tratamiento de la información, con la vista puesta en conseguir mayor inteligencia, autonomía y control de entornos crecientemente complejos. La definición de 'robot' por Arbib (cuadro 6) es una definición de robot científico y se encuentra explicitada en su libro, en el que el lector encontrará - además una exposición simple y no simplista sobre el tema. Los investigadores en robótica científica utilizan -cuando no son ellos mismos quienes los crean- los resultados de las investigaciones acerca de la inteligencia artificial (I.A.), y hasta tal punto hay confusión, que algunos investigadores piensan - que la robótica es un apartado de la inteligencia artificial mientras que otros opinan justamente lo contrario. A mi juicio, ambos extremos yerran, pues no existe relación de inclusión y sí existe, en definitiva, una relación todo lo intensa que se pueda entre los subsistemas de elaboración de criterios y de modelos y de tratamiento de la información del esquema ya comentado y las técnicas de la I.A. Efectivamente, "la resolución de problemas, el reconocimiento de formas (patrones), el juego y la toma de decisiones, el procesamiento de lenguajes naturales y la autoorganización pueden ser parte del cerebro de un robot". Sólo se necesita poner todas estas cosas juntas y conectarlas a efectores y sensores" (E.B.

Hunt, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, Academic Press N.Y., 1975).

Obviamente, el sector de robots científicos es la cantera donde cobran forma no pocas de las técnicas que emplearán los robots de sucesivas generaciones de los demás sectores. Asimismo, este sector persigue hacer realidad algunas - de las peculiaridades de los robots fantásticos.

CUADRO 7

4. DEL AUTOMATA PRERROBOTICO AL ROBOT AUTOMATICO, UN CAMBIO REVOLUCIONARIO.

Dentro de la perspectiva evolucionista aquí pergeñada me rece subrayarse con lápiz rojo la incorporación genética del tratamiento cibernético de la información en la estructura - de los robots. Tal cosa representa un salto cualitativo, una revolución, la trasposición del umbral que separa dos seres de naturaleza diferente, el autómata prerrobótico y el robot automático. Y abre una puerta, pivotante sobre goznes científicos, hacia sistemas futuros con capacidades de adaptación y de aprendizaje. Morin, que ha acuñado el término 'cerebro-mecanismos' lo ve así (E. Morin, LA METHODE, 1^{er} tomo, Seuil Paris, 1977 p. 237): "En tanto que los motores se han desarrollado desarrollando potencia energética, los computadores se desarrollan desarrollando competencia organizativa. Los computadores tienen grandes aptitudes para organizar operaciones y acciones precisas, sutiles y complicadas, en condiciones y circunstancias cambiantes, para controlar y conducir, no sólo producciones materiales, sino también comportamientos".

"De ahí que los computadores manden máquinas a partir de sus competencias informacionales, y la integración de un computador en una máquina con motor constituye un autómata,

- Generación 1: Un control del brazo
- Generación 1,5: Realimentación sensorial de tipo tacto, presión y fuerza.
- Generación 2: Coordinación entre brazo y visión para manipular objetos en cualquier posición.
- Generación 2,5: Integración de coordinación brazo/vista con un control sensorial como el de la genera--ción 1,5.
- Generación 3: Dotación de una cierta inteligencia artificial para "comprender" las órdenes que les de el operador humano y resolver problemas planteados por el entorno de los objetos.

Cuadro 7. Generaciones de robots industriales. (J. No Sánchez de León, M. Armada Rodríguez, CURSO DE ROBOTICA INDUSTRIAL, Asociación Española de Informática y Automática, Jaca 1-6 Junio 1981).

ser-máquina automovido y, aparentemente, automandado, gobernado, controlado".

"Se puede apreciar aquí la revolución que separa el autómata vaucansoniano del cibernético. El antiguo autómata estaba animado por un aparato de relojería; el nuevo está animado por un aparato informacional; el primero estaba regulado de una vez para siempre; el segundo se regula por sus operaciones, en función de las circunstancias".

Este nuevo ser ya tiene quien lo tutele, especialmente si tiene aplicación industrial. Asociaciones (R.I.A., B.R.A., A.F.R.I., S.I.R.I., J.I.R.A., ...), Congresos, Revistas, Libros, Proyectos, Empresas, se inclinan sobre él al impulso de muy diversos intereses. Estimulante situación para el técnico, inquietante para el profano. Mientras, se replantea la vieja e infinita cuestión sobre la máquina y el hombre, vivificada ahora por el calor de las inusitadas dotes de estas máquinas.

5. DEL JOCUNDO, EPICUREO RABELAIS AL HIPOCONDRIACO ČAPEK.

Está demostrado que fue Čapek (o su hermano) quién inventó el vocablo 'robot'. He podido leer, aunque no comprobar, que Rabelais compuso el término 'autómata'. No tendría nada de extraño, ya que Rabelais demostró, a lo largo de toda su obra, ser un palabrista, además de fraile, cirujano y poseedor de una extensa cultura grecolatina. Sus libros son fuente de reires, de alegría de vivir y de pensamiento.

¿Coincidencia casual?. Dos escritores inventan las palabras con que se designa a los objetos en los que nos estamos enredando y los dos se ocupan de seres míticos y no reales, lo que pasa es que Čapek, habitante de un mundo en el que eclosionan la ciencia y el industrialismo, trabaja la ficción científica y lo hace con un corazón pesimista y un cerebro impregnado aún de seculares antropomorfismos. En esto úl-

timo están unidos -es mi creencia particular- Çapek y Rabelais. La humanidad se ha ido dando símbolos antropomórficos para poblar sus ritos, utopías y leyendas pretéritas y futuras: trasgos, elfos, golems, gnomos, mandrágoras, homúnculos, licántropos, pantágrueles, androides... y entre ellos podríamos incluir los autómatas o robots, según las épocas. Los hay lúdicos y divertidos, los hay terribles y hasta terroríficos (Asimov definió sus robots como antimonstruos Frankenstein), pero todos (o la gran mayoría) pertenecen a la historia del antropomorfismo. El hombre, en su concepción del mundo, ha operado habitualmente con el antropomorfismo como con una estructura constitutiva de su pensamiento.

Hoy, determinadas capas poderosas de la sociedad impulsan con mejor gusto un racionalismo a ultranza: infósfera, entorno inteligente, ocio creativo... Desde luego, los robots - cibernéticos (sobre todo los industriales), amorfos, infatigables, tecnológicos, un poco muermos pero cada vez más listos, se inscriben en la estela de lo racional. Y, poco a poco, van abriéndose camino en la cultura popular, desde los libros de Clarke hasta las canciones de Miguel Ríos.

Empero, por lo que atañe a las gentes, a primera vista, diríase que es el espíritu atemperado de R.U.R. el que con mayor fuerza se ha instalado en la máquina abstracta. El espíritu burlón de Rabelais está en baja. Uno, la verdad, preferiría que fuera justamente al revés.

Madrid, 3 de Noviembre 1.981

ALGUNAS APORTACIONES PERSONALES AL GRUPO II
DENTRO DE LOS TRABAJOS DEL PLAN ELECTRONICO
E INFORMATICO NACIONAL.

- . Tecnología, economía y sociedad
- . Evaluación de los efectos en la sociedad
- . Proyecto y metodología para el desarrollo de un modelo para la planificación y evaluación de las tecnologías de la información.

CAP. III

TECNOLOGIA, ECONOMIA Y SOCIEDADIII.1. ¿Una ecuación diofántica?

Los términos que forman el título de este capítulo constituyen algo así como un conjunto de variables indisolublemente unidas en una mutua relación compleja y multicircular. Esto quiere decir que no se puede eliminar a priori ninguna de las variables, que no es posible establecer asociaciones permanentes de causa-efecto y que, por tanto, tal vez no exista método alguno científico para resolver la ecuación. Y, sin embargo, a semejanza de lo que ocurre con las ecuaciones diofánticas, éstas existen y modelan problemas reales.

J.L. Sampedro, en un libro pionero, ha agrupado las fuerzas económicas de nuestro tiempo en tres grandes haces: la explosión demográfica, la aceleración técnica y la evolución social. Localmente, allí donde el progreso técnico y el progreso social han conseguido un cierto nivel, el factor demográfico pasa momentáneamente a un segundo plano.

Es interesante la analogía con el principio chino del Yin-Yang, porque expresa la mútua dependencia y el papel de las fuerzas técnicas y de las fuerzas sociales: "Las fuerzas técnicas encarnarían la acción y la innovación, como el principio masculino yang, correspondiendo los factores sociales al principio femenino yin. Ambas fuerzas son creadoras a su manera: aquélla, introduciendo novedades; ésta, humanizando el artificio. Ambas se influyen, además, mutuamente. La técnica acaba con viejas estructuras y provoca otras, rompe y deforma el vaso recipiente colectivo; la sociedad hace posibles nuevas técnicas, las acoge y organiza a los hombres en relación con ellas".

La brillantez del análisis de Sampedro oculta un error de planteamiento, que procede de un punto de vista apriorístico o deformación profesional: las formas de organización económica son las resultantes de combinar un cierto nivel o estado de la técnica con unas actitudes sociales determinadas, y en una perspectiva dinámica la evolución de estos dos factores permitirían conjeturar las transformaciones de la organización económica. Sin embargo, y como se ha dicho, la ecuación puede leerse también en otros sentidos de dependencia: la organización económica genera nuevas tecnologías; ciertas formas de la sociedad son subsidiarias de las opciones económicas y técnicas y de la propia evolución social (política e ideología).

III.2. El mundo, hoy

Aceptando el papel preponderante, complejo y bidireccional de la tecnología en la economía -la tecnología como fuerza económica, la economía como fuerza técnica- no puede extrañarnos que la ecuación se haya resuelto de diversas maneras. En un primer grado de detalle (Berry, citado por Sampedro), los países se dividen en tres categorías de niveles técnicos: elevado, intermedio y bajo. Un atlas sombreado con estos tres colores coincide casi totalmente con el de países desarrollados, en desarrollo y subdesarrollados que, a su vez, se correlaciona con el de niveles de consumos de energía. Los distintos países, dentro de un mismo color, se organizan muy diversamente en lo económico, en lo social y en lo técnico.

El cuadro anterior es un cuadro clásico, con datos tradicionales, probablemente en retraso con respecto a la realidad. Para trazar un cuadro actualizado son necesarios materiales -conceptos, técnicas de observación- diferentes. A continuación se sugieren algunos.

Dentro de los países de elevado nivel técnico se está dibujando un mapa con gradaciones de colores tecnológicos, correspondientes a vectores de progreso de distinta intensidad. En particular, han surgido o están surgiendo industrias nuevas basadas en avances científicos de disciplinas que hace poco más de 25 años no existían o eran embrionarias: electrónica cuántica, teoría de la información, biología molecular, informática, oceanica, nucleónica, ecología y ciencias espaciales.

Fenómeno de importancia, tanto en lo económico como en lo técnico, es la progresiva diferenciación de las empresas e industrias -dentro, fuera, por encima de los estados- en aquéllas que forman parte del sistema dominante y las que integran el sistema dominado. Forman el sistema dominante las empresas que disponen de una estrategia global, medios financieros abundantes, se adaptan al entorno o lo controlan, imponen su dominio técnico. Las empresas del sistema dominado son pequeñas, en términos relativos, están sometidas al entorno, son poco portadoras de innovación y progreso social.

El manejo de la información, como comunicación, ordenación, archivo, tiene un papel creciente como catalizador organizativo social y económico; es una fuerza de racionalización. Si se entiende como conocimiento y utilización del conocimiento en la producción e intercambio de bienes - es una fuerza económica directa, especialmente en forma de tecnología: toda tecnología es información. En sentido algo más restringido, se califica como tecnología de la información aquella que capta, registra, procesa, transmite, reproduce o lleva incorporada información o conocimiento a un bajo nivel energético. El impulso de la tecnología de la información se amplifica en el tejido social de mil maneras. En resumen, la información aparece en todos los conceptos de la economía y de la sociedad y tiene su propia tecnología. Esta tecnología viene impuesta, en sus grandes opcio-

nes, por países que ya poseen un elevado nivel técnico (de desarrollo económico, de consumo energético, de información) y dentro de ellos por empresas que constituyen o constituirán un claro sistema dominante.

La crisis energética ha provocado cambios incesantes. Las sociedades que mejor se adaptan a esta crisis son las de mayor nivel de desarrollo. En todo caso, no existe aún el aparato económico y social que mida las infinitas microformas de adaptación de la sociedad a estos cambios. No se han creado nuevos modelos, medidas e índices para describir procesos como los que ocurren, por ejemplo, en el ámbito de la economía invisible. Los conceptos de renta, beneficio, pobreza o desempleo deben ser revisados. Abundando, la tecnología de la información, en su vertiente racionalizadora, está permitiendo millones de pequeños ahorros energéticos a escala de economía de hogar.

III.3. La sociedad basada en la información

Todos los estudios demuestran que los países desarrollados se encaminan hacia una sociedad basada en la información. De forma muy rápidamente creciente, un país como Estados Unidos de América ha ido transfiriendo trabajo desde los sectores de producción física a un nuevo sector de la información. Necesitan cada vez más personas para producir ideas, patentes, fórmulas científicas, proyectos, facturas, archivos, informes, investigaciones de mercado, programas, etc. Parker preveía que, en 1980, aproximadamente, un 60% de la población activa estaría dedicada a oficios informacionales, frente a menos del 20% en 1950. ¿Quién hace el trabajo directamente productivo?. El resto de la población y la información, bajo forma de trabajos no convencionales, tecnología, "royalties", etc... La mundialización del capital y el surgimiento de la información exigen una explicación nueva de la evolución económica y nuevos dispositivos

de observación, quienes, a su vez, servirán de guía y acicate a la planificación y al desarrollo.

Véase, pues, que el término de sociedad informatizada es restrictivo si se interpreta sólo en el sentido de actividades computadorizadas. Una sociedad de información es algo más que una sociedad basada en la informática, es o será una sociedad basada en toda la tecnología de la información.

III.4. ¿Hacia donde va el mundo?

Esta es una pregunta a la que pueden ofrecerse respuestas muy dispares, según el punto de vista y el ámbito de consideración.

En términos del par energía/información, la crisis abierta y el auge creciente de la información parecen indicar que se está produciendo el tránsito de una economía basada en la energía a una economía basada en la información. En el contexto de este capítulo, esto hay que interpretarlo en el marco de la relación presuntamente diofántica de tecnología, economía y sociedad.

Las leyes que rigen la energía y su uso son diferentes a las que gobiernan la información. La energía está relacionada con la entropía y la información con la negaentropía. La información no es limitada, la información no es aditiva, la información organiza la eficacia, la información se degrada con el tiempo, la información tiene un valor que no se relaciona ni con su medida ni con su energía. La información es compleja: la información es física, la información es cibernética, es semántica, es semiológica, es relación (Attali, 1975).

Una economía crecientemente basada en la información necesita transferir los conceptos de flujos y stocks -

del terreno energético (PNB, renta nacional...) al terreno de la información. Aparecen nuevas formas de acceso a los stocks y redes de comunicación predominantemente informacionales que hay que valorar y utilizar: formas nuevas de trabajo, reconversión laboral, ampliación cultural, etc.... el efecto multiplicador de la información.

III.5. Situación de España en este marco

España es un país de nivel técnico intermedio, un país en desarrollo, con un sistema económico predominantemente de mercado y dotado de un aparato económico clásico (orientado cien por cien a una concepción energética), inmerso en un sistema dominado de industria vieja. Su tejido social no es sensible y mucho menos impulsor de los esfuerzos científicos y tecnológicos.

EVALUACION DE LOS EFECTOS EN LA SOCIEDAD.

1. Medida de la percepción social del fenómeno tecnológico, como índice del grado actual y esperable de control (o - autonomía) nacional de la implantación de tecnología.

Como ya se ha señalado en versiones anteriores, una evaluación del impacto social de la tecnología de la información requiere un esfuerzo serio de investigación, con los plazos y recursos adecuados. Lo que sigue son, por consiguiente, unos apuntes que aportan un valor orientativo. Se parte de la hipótesis casi tautológica de que no se pueden extrapolar observaciones y resultados de unas sociedades a otras, so pena que el término "impacto social" fuera extendido a una determinada clase de sociedad, sin limitación de fronteras.

A mayor abundamiento, existe una teoría -la teoría de las cinco subculturas informáticas- que, aunque aplicable en principio al mundo de la informática exclusivamente, ofrece argumentos sobrados para distinguir comportamientos sociales claramente diferenciados ante el mismo fenómeno (en nuestro caso sería la tecnología de la información en sentido amplio) y, en consecuencia, prohíbe la inmediata extrapolación antes mencionada.

Con base en tales argumentos, cree el redactor de este capítulo que el grado de percepción social de la tecnología que nos ocupa es, en España, bajo y orientado por modelos de uso y de consumo antes que por modelos críticos, científicos e industriales. Como resultado general, cabe esperar de nuestra sociedad, en un plazo corto y también a más largo plazo si no se tomasen medidas adecuadas, un comportamiento pasivo, receptivo, dependiente y zaguero.

- Educación e investigación

Existen datos al respecto en el terreno de la informática y no en el de lo que aquí se ha denominado tecnología de la información en general. Si bien, por tanto, las consecuencias que pudieran derivarse carecen de validez plena, son muy indicativas, por cuanto que el impacto de la informática se produce en más sitios y áreas comparativamente con el resto de la tecnología.

La formación de técnicos en informática es, con todos los defectos que se quiera, cuantitativamente congruente con las necesidades, aunque cualitativamente sea otro cantar.

En la figura 1, puede apreciarse el número de matriculados en cursos de informática (adiestramiento mínimo) en los centros privados más importantes durante el período 1965-1975 en España.

PERSONAL INFORMATICO MATRICULADO EN
CURSOS DE INFORMATICA EN LOS CENTROS PRIVADOS MAS IMPORTANTES

Años	Perforación	Programación	Análisis
1965	594	2.791	319
1966	677	2.857	341
1967	785	3.159	400
1968	920	3.842	438
1969	1.356	5.293	587
1970	1.701	5.596	674
1971	2.195	6.223	692
1972	2.246	6.888	911
1973	2.372	7.443	1.177
1974	2.417	8.607	1.463
1975	707	4.124	827
		7.000 (1)	
TOTALES	15.971	63.723	7.332

(1) Corresponde a un sólo Centro que no ha desglosado los datos por año.

Fuente: Ministerio de Educación y Ciencia.

- Fig. 1

La figura 2. recoge la matriculación de alumnos en los centros oficiales de formación en informática (formación aún - no universitaria, pero más básica y profunda que la anterior).

ALUMNOS MATRICULADOS EN LOS CENTROS OFICIALES DE INFORMÁTICA (1)

Año	Programación	Análisis	Técnicos de Sistemas
1971	1.176	315	—
1972	1.560	850	102
1973	2.480	673	131
1974	2.065	696	131
1975	1.953	517	204
TOTALES	9.234	3.051	568

(1) Instituto de Informática de Madrid, Departamento de Informática de la Universidad Autónoma de Barcelona y Centro de Informática de San Sebastián.

Fuente: Ministerio de Educación y Ciencia.

Fig. 2

En febrero de 1.976 se publica el decreto de estructuración de enseñanzas informáticas en educación universitaria y en formación profesional. Antes de esta fecha, existen programas de formación informática en centros universitarios superiores (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Facultades de Ciencias Físicas y Matemáticas de Madrid) y medios y en escuelas privadas y oficiales (E.O.I. Escuela de Administración Local), y, en general, programas más bien de orientación muy restringida en cursos de postgraduado o de perfeccionamiento de directivos. El panorama en el conjunto de la universidad era entonces y es ahora - más bien desolador, si se refiere a aquellos planes de estudio que no tienen, en principio, relación directa con estas tecnologías.

Con vistas al IV Plan de Desarrollo se creó un Grupo Especial de Informática que, allá por 1975, recomendó, entre -

otros, los siguientes puntos:

- "extender los conocimientos de informática como disciplina formativa de interés general y para ello:
 - . incluir con contenido y tratamiento pedagógico adecuado en los programas de Educación General Básica y del Bachillerato Unificado y Polivalente temas de divulgación sobre el ordenador y sus posibilidades para el tratamiento de la información y como instrumento de cálculo.
 - . incluir con carácter obligatorio, y en la medida que se estime oportuno, dentro del nivel universitario y en la Formación Profesional la enseñanza de la informática, impartiendo incluso enseñanzas sobre lenguajes de programación. No se trata en estos casos de formar informáticos, sino de capacitar e informar a todos los profesionales sobre la utilización de la informática.
 - . intensificar las acciones de información que desarrollan Organismos estatales, etc., sobre el ordenador y sus posibilidades de aplicación en la gestión, tanto en el sector público como en el privado.
- Formar especialistas para cubrir las necesidades previstas en los aspectos de fabricación y mantenimiento.
 - . Asignar la formación de ese personal preferentemente a los Centros de Formación Profesional y a las Escuelas de Ingeniería Técnica y Superior, en las especialidades de Telecomunicación e Industriales.

Impartir por el Ministerio de Trabajo, a través de sus Centros de Formación Profesional, enseñanzas de informática en aquellos oficios para los que es time conveniente, cuando éstos no queden bajo el ámbito de la Ley General de Educación".

Al cabo de los años, poco de ésto ha sido realizado. La informática no se ha introducido ni en el BUP ni en la EGB, en muy pocas Facultades no técnicas y la Formación Profesional da sus primeros pasos con dificultades y retrasos. Un dato para el contraste: un 40,7% de los profesionales que, en 1975, habían iniciado su actividad en las empresas y organismos públicos de la República Federal Alemana debían su formación a una Escuela Profesional, las dos grandes sindicales, DAG y DGB, del mismo país conceden varios diplomas en informática.

España, también aquí es diferente. Los trabajos de nivel técnico de formación profesional se desempeñan por personas que deben su formación a las casas proveedoras de material o a Centros Universitarios Superiores, en este último caso, en demostración de lo que es una pirámide invertida. Además, y ésto es quizá más grave, nuestros dirigentes, titulados superiores en su inmensa mayoría, han recibido toda su formación e información sobre informática y sobre el conjunto de las tecnologías aquí consideradas a través de los medios de comunicación social, casi exclusivamente. Tema éste que se abordará más adelante.

En cuanto a investigación, las cifras hablan a voces.

Por 1974, el gasto en informática en España se situaba en torno al 0,8% del PNB, frente a 1,4% y 1,9% en Francia y USA para 1975. Pero la gran diferencia se observaba en la

dedicación a investigación de informática, que se estimó en un margen entre 0,1 y 0,2% sobre el gasto de informática. - Datos posteriores no hay o no los conocemos, aunque acerca de este tema no es necesario insistir, porque es de sobra conocida y aireada la despreciable cantidad que la sociedad española destina a los fines de investigación bajo cualquiera de sus formas.

La precariedad del esfuerzo investigador se encadena en una circularidad causal con el bajo nivel de conocimiento científico y técnico de la población.

- Comunicaciones sociales.

No se ha podido recoger datos completos y por ello tampoco compararlos con sus homólogos en países de mayor desarrollo científico e industrial, pero los que se han obtenido son significativos.

- Prensa periódica

Analizadas las publicaciones de mayor difusión y tirada a nivel nacional entre las que se encuentran ABC, EL PAIS, YA, VANGUARDIA, DIARIO 16, ninguna dispone de secciones o suplementos fijos de tecnología y ciencia y únicamente dedican alguna monografía en suplementos dominicales y que, por lo general, en el último año han sido mínimos, una o dos ocasiones por periódico.

En otras publicaciones periódicas semanales o quincenales como CAMBIO 16, DINERO, MERCADO, ACTUALIDAD ECONOMICA, EL EUROPEO, y otras, tampoco tienen secciones fijas, aunque suelen publicar de forma esporá

dica más información sobre tecnología y ciencia que los medios diarios. El contenido en su mayoría corresponde a información comercial, novedades e instalaciones y una pequeña parte informativas divulgativas, últimamente en cuanto a INFORMATICA se refiere en estos dos tipos de medios de difusión se está a la cabeza en la aparición de anuncios todos ellos de equipos informáticos y también en demanda de personal, (analistas, programadores, etc.)

Dos medios prensa de menor tirada y difusión, NUEVO LUNES, semanal, dedica media página fija y CINCO DIAS, diario, dos páginas por semana, dedicando a otras áreas como ARTE y LITERATURA doce páginas semanales.

- Otros medios de comunicación de masas

En cuanto a TV y radio se refiere, tan solo dos espacios semanales en radio y uno en TV.

- Revistas especializadas

De las cerca de cuarenta revistas que se publican en este momento, todas tienen tiradas muy pequeñas por lo que su incidencia es restringida, la de mayor tirada no creo que sobrepasa de los 6.000 ejemplares, en comparación con otras publicaciones no técnicas como arte, literatura o pensamiento, la tirada media sobrepasa los 40.000 ejemplares.

2. El impacto de la tecnología en el mundo laboral, la economía y la empresa.

- Impacto sobre el trabajo.

De todos los impactos sociales, tal vez sea el impacto sobre el empleo el que, como símbolo, haya recibido y esté recibiendo mayor atención por parte de todas las fuerzas: sociólogos, tecnólogos, políticos, empresarios, sindicalistas, periodistas, etc.

Se va a abordar aquí, en primer lugar, un resumen de los estudios que sobre el tema del desempleo tecnológico se han realizado. Desde los tiempos de la primera revolución industrial, la preocupación por el desempleo provocado por la máquina ha sido patente y ha dividido a las fuerzas sociales activas en dos bandos: los optimistas y los pesimistas.

Mejor que cualquier comentario, el gráfico 3 expresa la situación potencial del empleo de mano de obra humana en relación con la tecnología.

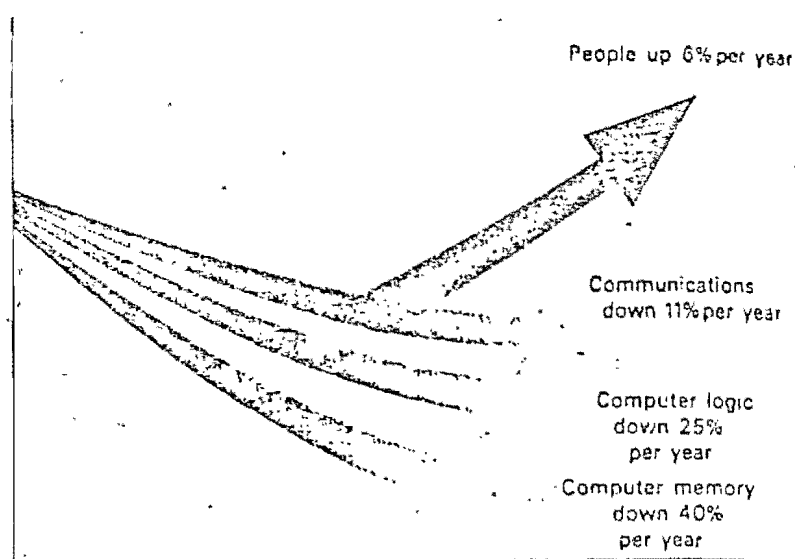


Fig. 3.

La siguiente figura (fig. 4.) expresa la evolución en USA de la distribución porcentual de la fuerza de trabajo desde 1860 a 1980. La etapa III corresponde a una economía basada en la información. Lo más interesante es resaltar que la etapa III no tiene su causa en la tecnología objeto

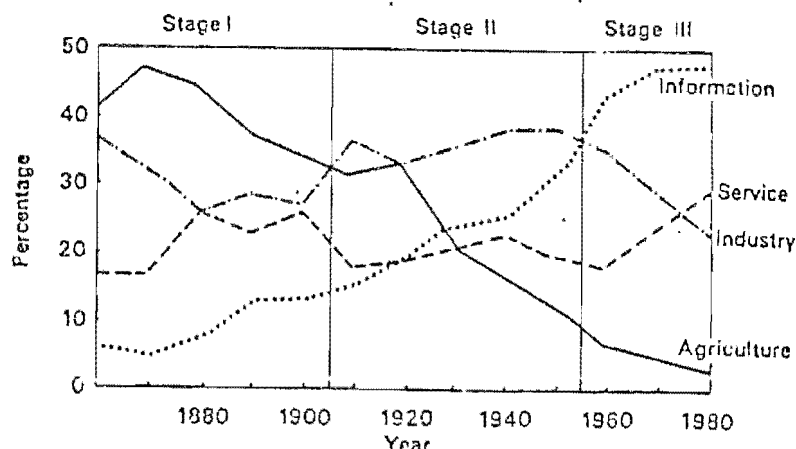


Fig. 4,

de este estudio, sino en la revolución tecnológica anterior: en 1940 no existían los computadores y mucho menos los circuitos integrados o los microprocesadores. Nótese, además, que ese país posee la primera industria mundial de tecnología de la información, situación que, junto con la del Japón, no es en nada comparable, por lo que se refiere al desempleo, a muchos otros países, entre los que se encuentra España. Se incluyen en la economía de la información puestos de trabajo que comprenden la fabricación de máquinas para la información y la producción, procesamiento, transmisión, distribución o venta de conocimientos o información. Se incorporan asimismo actividades informativas en las administraciones públicas y privadas, tales como gestión, planificación, control, marketing y coordinación.

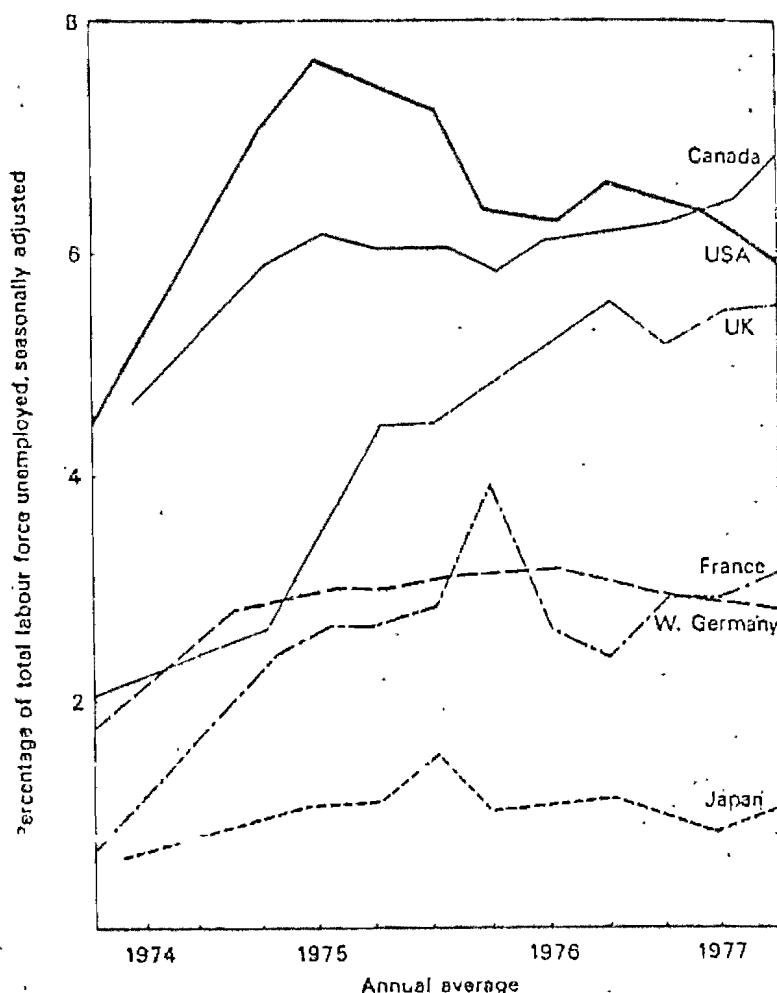


Fig. 5

Los optimistas, como Porat, Hogan, Simon y otros muchos piensan que un computador, una máquina que maneja información, y, en general, cualquier tecnología avanzada nunca reduce el nivel de empleo a la larga y, en todo caso, puede contribuir a crear un entorno más complejo que demande más personal para reunir información y para interpretar la que sale de las máquinas. Un escenario de esta naturaleza, que implica una burocracia establemente creciente, plantea la cuestión de hasta cuándo una sociedad, incluso en países de próspera economía (generadores de tecnología, habitualmente), puede soportar un decrecimiento regular de individuos productivos.

¿Y qué pasará cuando una masa enorme de las tareas burocráticas sea golpeada por lo que ya se llama ofimática? Véase, por ejemplo, la evolución relativa de los costes anuales de una mecanógrafa y de un terminal de proceso de textos. (Fig. 6).

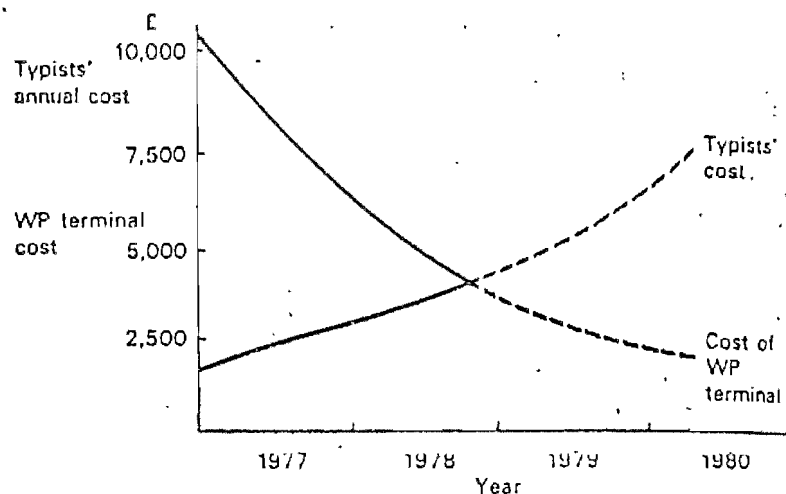


Fig. 6

Hay razones, evidentemente, para el pesimismo también. Y datos en apoyo. Una sindical de empleados, la ASTMS calcula que, de un total de 475.000 trabajadores en el campo de la ingeniería pesada, unos 200.000 se quedarán sin trabajo hasta 1.995. Y se perderán empleos en número de 371.000 en la industria de fabricación de vehículos, de 354.000 en la industria textil y de 500.000 en la banca y los seguros. Está claro que este último sector, si por algo se caracteriza es porque la materia prima de su actividad es casi exclusivamente información. Inevitablemente, se entra de lleno en el terreno de la economía, de la empresa y de la política.

- Impacto sobre la economía y la empresa.

La auténtica realidad es que el tema es complicado y no se despacha con unas cuantas opiniones o datos más o menos de carácter localista, procedan del optimismo o del pesimismo. Lo influyen factores políticos, económicos, industriales, culturales, demográficos, históricos, educativos... y técnicos, naturalmente. A continuación se extraen, de Saddler -

(1980), unas valiosas y sistemáticas consideraciones al respecto:

- a. El impacto de la tecnología sobre el empleo será muy diverso según el ritmo subyacente de crecimiento de la economía. Las economías de altas tasas de crecimiento, como la de Japón, tienen menos motivos para tener desempleo masivo, que las de bajo crecimiento, como la del Reino Unido (Véase fig. 5).
- b. Asimismo, el impacto de la tecnología sobre el empleo dependerá del ritmo de crecimiento de la fuerza laboral. Países con fuerzas laborales en rápido auge pueden esperar desempleo masivo (y faltas de primer empleo), como consecuencia de una tasa dada de innovación tecnológica, a diferencia de los países cuya fuerza laboral se establece o crece lentamente.
- c. Inevitablemente, el cuadro tecnológico crea desempleo transicional. Surgen nuevos puestos de trabajo en sitios nuevos, y tales puestos pueden ser drásticamente diferentes a los desaparecidos. De ahí la vital importancia de lubricación que le corresponde a la maquinaria social de reconversión, por readiestramiento y reeducación.

Depurando estos razonamientos para aplicarlos al caso europeo, Sadler extrae las siguientes consecuencias:

Las principales esperanzas de los países europeos en lo tocante al empleo tienen que centrarse ineludiblemente en aquellas industrias de servicios con probabilidad de permanecer intensivas en mano de obra, en un contexto de demanda intensiva. Esta definición excluye a sectores tan caracte-

rísticamente proveedores de trabajo como los de distribución, banca, seguros, finanzas, transporte y comunicaciones. Incluye, además de las industrias del ocio y los servicios profesionales y científicos, aquellos servicios que tienden crecientemente a localizarse en el sector público: salud, educación y servicios sociales.

Factores de influencia, en el futuro de Europa, sobre oportunidades de empleo y nivel de desempleo:

- 1) Las tasas de crecimiento económico y de demanda asociada de mano de obra.
- 2) Las tasas de cambio de productividad como consecuencia de la racionalización, la calidad de las relaciones industriales y la adopción de nueva tecnología.
- 3) La medida en la que la industria europea se muestre competitiva en el balance exportación-importación, frente a la agresiva competencia del Japón y al aumento de la competencia de los países en vías de desarrollo y del bloque oriental europeo.
- 4) El éxito con el que los países europeos sean capaces de reestructurar sus actividades económicas, en relación - tanto con las pautas de su demanda interior como con el ya citado aumento de competencia de otros países.
- 5) La medida del cambio de la oferta de mano de obra, en su relación con factores tales como los cambios en la - tasa de participación femenina, en las horas de la jornada laboral y en la longitud de la vida laboral.
- 6) La medida en que se produzca un ajuste adecuado entre - las habilidades y cualificaciones de la fuerza de trabajo y la naturaleza de la demanda de mano de obra.

Se han realizado análisis sector industrial por sector industrial para clasificar los factores que pueden favorecer o retardar la incorporación de las tecnologías electrónicas pero este tipo de análisis, con todo su interés, cedería el lugar (aunque prestándole apoyo), en el caso español, a un análisis más global, guiado por los factores enumerados -- arriba, del 1 al 6.

En líneas generales, se combinan en España una situación económica delicada de bajo o nulo crecimiento, un aumento notable del desempleo en paralelo con un aumento de oferta de trabajo por causas demográficas y avance social (la mujer), una dependencia tecnológica casi absoluta, una demanda de bienes y servicios de gran avidez y una cultura científica y tecnológica subdesarrollada. Todos ellos son vectores que, por desgracia, apuntan más a una situación de creciente dependencia y desempleo que a otra cosa.

En cualquier caso, lo que haya de venir puede variar mucho según el grado de acomodación del aparato organizativo social, a saber: la organización y gestión del trabajo, el sistema de información socioeconómica (estadísticas, modelos de previsión y prospectiva) y los esquemas y actitudes del sistema político, económico y sindical con respecto al fenómeno tecnológico considerado, que implican, como es bien sabido, modos y mentalidades nuevas. La susodicha acomodación nacional creemos que ha de estar condicionada en su dinámica en muy buena proporción por el nivel de percepción social de esta tecnología.

Ya se ha examinado anteriormente, como macroindicador del nivel de percepción social, el conjunto de contenidos, formas e intensidades de nuestra educación, nuestra investigación y nuestros medios de comunicación social. Una parte transcendental de tal percepción es la actitud política al respecto.

¿Cuál es la actitud política en nuestro país?

Recogemos un texto publicado por la revista oficial del Colegio de Ingenieros de Telecomunicación (BIT, año 5 número 21, 1982):

"Esta despreocupación es, sin embargo, especialmente importante cuando proviene de las fuerzas políticas, y, sobre todo, de la Administración del Estado. Baste señalar que de las treinta y nueve páginas que contiene el informe publicado recientemente por el Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones sobre sus actividades para el año en curso, sólo dos se dedican específicamente a los planes para las telecomunicaciones; que de las mil trescientas páginas del libro recientemente publicado por Alianza Popular 'Soluciones para una década', sólo una se dedica a dicho tema; y que el programa de actuación para las telecomunicaciones, - la electrónica y la informática del partido político que, - según los actuales son los de la opinión pública, es posible que gobierne nuestro país en un futuro muy próximo, - brilla por su ausencia".

3. Los servicios a la población y a las actividades no remuneradas.

Parece que, si bien el nivel tecnológico y científico, es relativamente bajo, los niveles de consumo no tropiezan con otras barreras que no sean las meramente económicas de poder adquisitivo. Incluso cabe augurar un cierto desorden dentro de la aceptación fácil y rápida de productos y servicios para el ocio, el hogar, la salud, los servicios públicos, etc.

- Ocio y hogar.

No puede olvidarse que, según hipótesis de partida, la sociudad española es, en el terreno analizado, casi exclusivamente ocuazria y consuñmista.

Aquí se prevé fuerte demanda, con las limitaciones que se deriven de la situación económica de cada momento: juegos electrónicos, enseñanza a través de variadas combinaciones de electrónica; informática y comunicaciones, noticias electrónicamente servidas, espectáculos grabados, utensilios hogareños programables, bancos de datos multitémáticos, bibliotecas computadorizadas, etc.

- Salud.

Este apartado es de enorme impacto social, polémico y exige una planificación técnica, económica y social. Siguen unas líneas esquemáticas acerca de lo que se entiende por tecnología médica (uno de cuyos apartados es tecnología electrónica o informática), sus costes y las consecuencias sociales.

La figura 7 muestra como ya, en la Convención Científica Anual de la Asociación Americana de Cardiología de 1976, la mitad de los expositores exhibía material electrónico e informático.

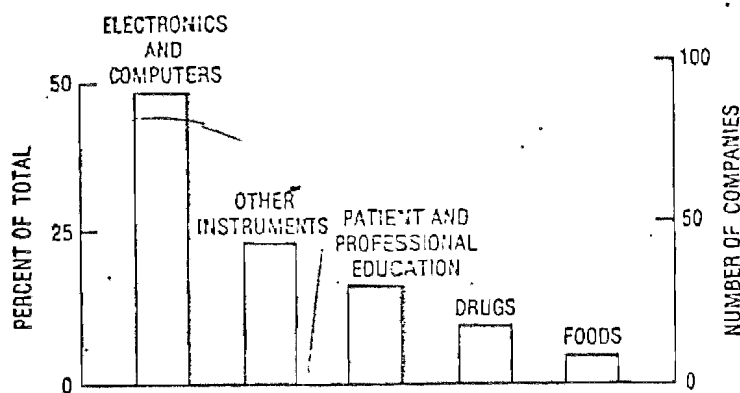


Figure 3. Electronics and computer firms represented nearly half the 188 exhibitors at the 1976 American Heart Association Annual Scientific Sessions."

Fig. 7

La justificación para reemplazar seres humanos por máquinas se sigue de la creencia implícita de que la ciencia médica ha sobrepasado la capacidad del individuo de absorber todo el conocimiento necesario para practicar la medicina. Simplemente, hay demasiados tests, demasiados medicamentos y demasiados detalles para recordar.

La tecnología médica incluye tanto hardware (equipo e instalaciones) como software (conocimientos y capacidades). Se clasifica por su naturaleza física o por su propósito.

De acuerdo con su naturaleza física:

- (1) Una técnica es una acción de un proveedor de cuidados de salud, que no requiere equipo especializado, como percusión en el corazón.
- (2) Un medicamento es una sustancia administrada a un paciente. Incluye sustancias biológicas, como vacunas, y productos químicos.

(3) Equipo incluye tanto máquinas de gran inversión de capital, tal es el caso del scanner de tomografía computadorizada, y la infinidad de instrumentos de la práctica médica.

(4) Un procedimiento, tal como la implantación quirúrgica de un marcapasos, es una combinación de equipo con medicamentos y/o equipo.

De acuerdo con el propósito:

(1) Tecnología para el diagnóstico, tal como el scanner o el analizador de sangre en flujo continuo, ayuda a determinar cuál sea el mal que se está operando en el paciente.

(2) Una tecnología preventiva, como una vacuna.

(3) Tecnología rehabilitadora o terapéutica cura el mal, -levanta sus síntomas o compensa sus efectos.

(4) Tecnología organizativa, ayuda a la gestión y administración de cuidados médicos.

(5) Tecnología de soporte, que proporciona servicios no médicos a los pacientes, mientras éstos se encuentran en tratamiento. Camas de hospital y servicios alimentarios son ejemplos en tal sentido.

Además de la enorme polémica acerca de la eficacia y seguridad de la cada día más instrumental tecnología médica, en la que aquí no se entra pero que tiene interés primario, -- existe un tema económico, del que a continuación se dan algunas cifras, referidas a Estados Unidos (Banta, 1979).

Aunque no se tienen estimaciones exactas acerca del coste global de la tecnología médica, se aprecia que el 50% del incremento de los costes hospitalarios (de 13,2 en 1965 a 40,9 miles de millones de dólares en 1974) se debe a la tecnología médica. Hay estimaciones más modestas.

Los costes de usar unas tecnologías específicas son más -
precisos. Los cuidados intensivos cuentan por más del 15%
del coste de un día de hospital. Los servicios de labora-
torio clínico costaron alrededor de 11 mil millones de dó-
lares en 1974, lo que, con incrementos anuales estimados -
en torno al 15%, llevarán dicho coste hacia los 20.000 Mi-
llones de dólares en 1978. Los rayos X para médicos y den-
tistas han ascendido a 5.000 Millones de dólares en 1975.
Solamente los costes de Rayos X para exploración del pecho
subieron a 1,5 mil millones.

Tales costes astronómicos suscitan muchas cuestiones. Pero,
como se ha dicho, las implicaciones de la tecnología médi-
ca o de la tecnología de la salud que, como ha podido verse
en la figura 7, tiende a desarrollarse en gran proporción -
con base a la tecnología de la información, se extienden -
más allá de aspectos como la seguridad, la eficacia o el -
coste. Afectan a los siguientes puntos:

(1) El paciente y su familia.

(2) La estructura social como un todo, afectando a nuestras
instituciones sociales y planteando retos a nuestros valo-
res y creencias.

(3) Los sistemas legales y políticos.

(4) El sistema económico. A través de sus efectos sobre -
la salud de las poblaciones, se puede afectar la economía -
general de formas tan variadas como alterando la producti-
vidad o el número de personas con derecho a pensiones de la
Seguridad Social. De manera muy directa, en los Estados Uni-
dos, al tratarse de la tercera industria del país (el conjun-
to económico de los cuidados sobre la salud), cambios en la
tecnología médica puede generar o eliminar empleos, modifi-
car el consumo energético o condicionar el nivel de infla-
ción.

(5). El sistema de cuidados médicos.

El tema es muy largo. Para terminar estas notas, se subraya el hecho de que en este terreno de la salud es donde de manera más insistente y expresa se ha pedido en USA una evaluación del impacto social de la tecnología, habida cuenta de que, para muchos observadores, se han acentuado los beneficios y acallado los riesgos. El importante volumen de estudios y datos existentes son una garantía de experiencia y un desafío para el análisis del impacto social en España, que no debe pasar por alto toda esa experiencia acumulada.

PROYECTO Y METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO PARA LA PLANIFICACION Y EVALUACION DE LAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION.

1. INTRODUCCION AL PROBLEMA

Uno de los aspectos que más llama la atención en el Plan es la sensación de estar trabajando sobre un objeto mal definido. Esto, en buena lógica, puede conducir a conclusiones erróneas.

La razón de que el objeto de atención esté mal definido se debe a su complejidad: la electrónica, la informática, la telemática, etc., constituyen un complejo de conceptos, técnicas, industrias, herramientas, dominios, ... que se solapan, entrecruzan e interrelacionan de maneras poco claras y en permanente evolución. En términos metodológicos, forman un sistema dinámico, de variables y comportamiento imperfectamente identificados.

En lugar de considerar al objeto como un sistema y tratar de identificarlo de la manera más aproximada que sea posible, se lo trata como algo borroso y magmático, o todo lo más, como una lista estática de apartados relacionados linealmente.

Veamos un ejemplo, la clasificación al uso en los trabajos de algún grupo del Plan:

- a. Componentes y microelectrónica.
- b. Electrónica profesional
 - 1. Telecomunicaciones
 - 2. Informática
 - 3. Robótica
 - 4. Electromedicina
 - 5. Defensa

6. Radiodifusión y T.V.
7. Electrónica Industrial
8. Instrumentación

c. Electrónica de Consumo

1. Electrodomésticos
2. Audio
3. Video
4. Aplicaciones

Tal clasificación representa una jerarquía basada en una visión industrial muy estática, fundamentada en las leyes de la energía. Oculta por completo el conjunto de relaciones no lineales y todas las interinfluencias que operan en los elementos listados.

Lo que realmente ocurre es un efecto muy complejo de sinergia que tiene como núcleo activador a la información, la que se rige por leyes muy distintas a las de la energía. No es adecuado considerar la lista anterior como un árbol sencillo sino como un tejido complicado en el que se producirá lo que se ha dado en llamar comportamiento contraintuitivo. Esto significa que las medidas previstas producen un efecto distinto al esperado, por el juego de las interrelaciones mutuas, los bucles de realimentación negativa y positiva.

En cualquier sistema socioeconómico es fundamental definir un modelo que refleje lo mejor posible su realidad. Sólo así toman sentido las decisiones, las asignaciones de recursos, que se aplicarán, para ser efectivos, en aquellos puntos de los que se tiene control y producen amplificación.

Como muestra del tipo complejo de relaciones a considerar, veamos la informática y la microelectrónica. A primera vista, parece que la microelectrónica es dominante, puesto que los computadores están muy fuertemente basados en los circuitos integrados. Sin embargo, y pasando por alto que una buena parte de los ordenadores se soporta con circuitos electrónicos no integrados, existe dependencia también con relación a la industria óptica, la mecánica y la de materiales magnéticos. Pero lo importante aquí es que la informática es, asimismo, dominante con respecto a la microelectrónica porque es, a gran distancia, su mercado natural y porque no pueden diseñarse ni fabricarse circuitos integrados sin la utilización de potentes sistemas informáticos. Por otro lado, la informática es dominante/ dominada en relación con áreas de aplicación: defensa, - servicios administrativos, etc., precisamente por la influencia sinérgica de la información. En esta brevísima descripción aparecen varios bucles de realimentación positiva y no una acción lineal. Si se desglosase el elemento "informática" en "industria de fabricación" y "servi-cios profesionales" se precibiría una relación mútua de - realimentación negativa, que afecta, sin duda, a los bu-cles anteriores.

En resumen, un conocimiento mejor del sistema llevaría a unas decisiones más racionales. La tentación más corrien-te es ocultar la complejidad para hacerse la ilusión de - que las cosas no son tan complicadas. Pero lo son. Lo - que sucede, también, es que el tiempo impide dedicar es-fuerzos a lo que sería esencial: saber de qué se está ha-blando, qué es y cómo funciona aquello sobre lo que se va a planificar.

2. BREVE DESCRIPCION Y FASES DEL PROYECTO

Sí en una primera etapa no es posible contar con este conocimiento, parece que deberían iniciarse los estudios - al respecto para instrumentar próximas etapas de correc-ción y seguimiento del Plan.

Por ello, se propone un proyecto cuyo objetivo sería es- tablecer el diagrama causal y un modelo de acción econó- mica de dominios tecnológicos y áreas sociales. El modelo debe estar orientado a la posibilidad de simulación - de los efectos de medidas y decisiones en distintos pun- tos del sistema.

1a fase: Selección de dominios tecnológicos y de áreas sociales.

Esta selección debe hacerse por un método, que se deta- lla en el próximo apartado, con la aportación independien- te de grupos de distintos expertos.

La misión de esta fase es definir el terreno de juego - inicial para el diseño del modelo.

2a fase: Establecimiento de los diagramas causales y - del modelo.

Este trabajo exige una dedicación específica y continua de un equipo que, utilizando técnicas de ingeniería y di námica de sistemas, desarrolle un modelo adaptado en su morfología a la situación española.

El criterio orientador debe ser el de máxima simplicidad (elevado nivel de agregación, pero desagregando aquellos factores que tienen control por parte de la administra- ción), para permitir su simulación según circunstancias diversas.

Esta fase comprende una temporada de validación del modelo, con contraste público y simulaciones.

3. PROPUESTA DE UN METODO DE SELECCION DE DOMINIOS TECNOLOGICOS Y DE AREAS SOCIALES.

3.1 Elaborar una lista de dominios tecnológicos a considerar y su matriz de conectividad.

Sean los dominios tecnológicos A, B, C, D, E, etc..
 Por ejemplo: A = microelectrónica; B = informática;
 C = telecomunicaciones; D = robótica; E = Optoelectrónica; F = imagen y sonido, etc.

Se compone una matriz:

Se da peso a los elementos de la matriz: influencia muy grande (3) influencia grande (2), influencia normal (1), influencia pequeña o nula (0).

La suma de los pesos de una columna expresa cuantitativamente las influencias que el resto de los dominios tecnológicos ejercen sobre el dominio que da nombre a la columna.

La suma de los pesos de una fila expresa las influencias que el dominio que da nombre a la fila ejerce sobre el resto de dominios.

Del resultado de estas operaciones se obtiene una lista más sencilla compuesta por aquellos dominios que tienen la mayor influencia sobre los demás y son menos influi-

	A	B	C	D	E	F	G
A	x							
B		x						
C			x					
D				x				
E								
...								

Σ Influye en A

dos. Estos serían los dominios primarios de tecnología.

La matriz de conectividad queda como referencia para - aplicar efectos multiplicadores, estudios de viabilidad y otros asuntos.

3.2 Elaborar una lista de áreas sociales y su matriz de conectividad.

Puede tomarse como lista una ya elaborada en una - versión anterior de este grupo, que figura en las - páginas 56 a 59 del documento del Grupo 2 "Impacto potencial de la electrónica y de la informática en el proceso económico español" (borrador - Versión 1)

La matriz de conectividad consta de las filas A', B', C', D', - A' = trabajos de oficina, B' = Administración Pública, C' = Defensa, D' = Industria de la producción ...

Se utilizarán los pesos y el método señalados en el apartado 3.1; para el establecimiento del peso es - conveniente utilizar el desglose de cada una de estas áreas, tal como se describe en el mismo documento y páginas que se acaban de señalar.

El resultado de este trabajo es, por un lado, la matriz de conectividad de las áreas sociales consideradas y por otro, una lista de áreas sociales primariamente afectadas por la tecnología.

3.3 Elaborar una primera matriz de impacto

Esta matriz estará compuesta por todos los dominios - tecnológicos en las filas y por las áreas sociales -

primarias en las columnas. El impacto se fijará - por una ponderación similar a la realizada en los - apartados anteriores, empleando de nuevo como guía el desglose de las áreas ya efectuado en el documento de referencia.

3.4 Elaborar una matriz de impacto reducida

Esta matriz estará confeccionada a partir de la primera matriz de impacto, refiriendo los dominios secundarios a los dominios primarios mediante la matriz de conectividad tecnológica.

La matriz de impacto final tendrá por filas los dominios tecnológicos primarios y por columnas las - áreas sociales primarias.

3.5 Evaluar el impacto social

Con la matriz de impacto como guía -las ponderaciones resaltarán la importancia de cada relación y por tanto la profundidad del estudio- realizar estudios sobre una nueva selección que puede afectar a los - elementos de mayor peso. También se pueden introducir aquí opciones propias a los criterios o circunstancias de los evaluadores.

Las matrices de conectividad permitirán en todo momento cuantificar los impactos del resto de dominios - tecnológicos y sobre todo el resto de áreas social.

FACING INFORMATICS VIA THREE LEVEL COMPLEXITY VIEWS

by F. Sáez Vacas

Professor of Computer Science and
Cybernetics, Polytechnical University
of Madrid, Spain.

FIRST LEVEL COMPLEXITY VIEW

In informatics there is one kind of complexity that is perceived by everyone. It is the complexity of a concrete, isolated object, normally situated completely within one of the branches universally recognized by the scientific and technical community. Examples of this are the complexity of integrated electronic circuits, the complexity of algorithms and the complexity of software. The first complexity deals with the number of circuit components, the second with computation time and the third with the number of necessary mental discriminations. In order to illustrate my point, I will take up the last complexity, which, moreover, is the least well-known.

The complexity of software is a specific subject which has received considerable attention due to the economic impact software has had on the total cost of computer use. In 1977, computer programming costs [1] in the U.S.A. fluctuated around 100,000 million dollars, an amount greater than 3% of the GNP. Between 40 and 70 percent was consumed in program maintenance [2].

Actually, it is excessive to talk about the complexity of software. We would be more exact if we were to talk about the complexity of a program since, with some unimportant exceptions, only metrics dealing with the degree of difficulty involved in understanding and working with a program, considered separately from other programs, have been developed.

Among the approaches taken in measuring program complexity characteristics, here I will cite Halstead's Software Science and McCabe's cyclomatic number as a couple of examples.

Halstead, inspired by thermodynamics, proposes formal expressions to be computed with some parameters, whose value is measured by enumerating the following symbols of a specific

program: a) unique operators; b) unique operands; c) total of operators; d) total of operands (see Tables 1 and 2).

Table 1 presents a definition of the parameters and Halstead's complete metrics. In Figure 1 and in Table 2 we have a practical application of a specific implementation of a bubble sort program. The numerical results of this program are completed in the right-hand column in Table 1.

Unique operators	n_1	8
Unique operands	n_2	5
Total operators	N_1	10
Total operands	N_2	18
Vocabulary size	$n = n_1 + n_2$	13
Program length	$N = N_1 + N_2$	48
Calculated length	$\hat{N} = n_1 \lg_2 n_1 + n_2 \lg_2 n_2$	36
Potential vocabulary	$n^* = 2 + n_2$	4
Program volume	$V = N \lg_2 n$	182
Potential volume	$V^* = n^* \lg_2 n^*$	9
Program level	$L = V^* / V$	0,042
Calculated level	$\hat{L} = 2 / n_1 \quad n_2 / N_2$	0,069
Intelligence content	$I = \hat{L} \cdot V$	12,6
Language level	$\lambda = L \cdot V^*$	0,35
Programming effort	$E = V / L$	2540

Table 1. Halstead's Metrics applied to the bubble sort program presented in Figure 1. (Halstead, 1977) (Harrison et al., 1982).

UNIQ. OPERATORS	TOTAL OPERATORS	UNIQ. OPERANDS	TOTAL OPERANDS
ACTUAL:			
BEGIN... END	1	I	5
;	11	N	1
DO... END	3	J	4
=	3	X	6
<	1	SAVE	2
TO	2		
IF... THEN	1		
()	6		
$n_1 = 8$	$N_1 = 30$	$n_2 = 5$	$N_2 = 18$
POTENTIAL:			
CALL	1	X	1
SORT (...)	1	N	1
$n_1^* = 2$	$N_1^* = 2$	$n_2^* = 2$	$N_2^* = 2$

Table 2. Halstead's Metrics applied to the bubble sort program presented in Figure 1 (Harrison et al., 1982).

Measurements such as intelligence content and programming effort positively correlate well with total programming and debugging time and with the effort required to comprehend an implementation.

McCabe's metrics [4] is the first of a series of topologic methods which measures on the program's flow graph how difficult program testing will be. The cyclomatic number $V(G)$ on Graph G with n nodes, e edges and p connected components is

$$V(G) = e - n + 2 \times p$$

which, on a strongly connected G Graph, is the maximum number of linearly independent circuits. This number measures the complexity of a program, if we accept that this complexity only depends on the program's decision structure.

All programs can be turned into associated directed graphs and, therefore, classified by their cyclomatic number. The greater the value of the cyclomatic number, the more complex the program. The program in Figure 2 has a cyclomatic number of 4.

Both approaches have been combined and improved in new approaches. In my opinion, Halstead's theory, which explicitly includes the descriptive power of language (that is, the observer's language) in order to reduce complexity, is superior. This is not important here since, with all the differences we may find between them, they belong to the same category of complexity studies, where the systemic approach is nowhere to be found.

SECOND LEVEL COMPLEXITY VIEW

Information technology, in general, and informatics, in particular, are never isolated objects, but rather a group of interconnected elements.

Examples: An operating system is a set of programs that interact over a period of time. A computer is a set of functionally different machines. An information system is the result of the interaction between a set of hardware, a set of software and a set of individuals.

In all of these cases, a strong sensation of complexity arises, but is handled in a confused manner. Perhaps this is the result of the meeting between different specialists. In other words, the universe of discourse is divided into specialities.

In my opinion, this is a complexity level (the second level) that will clearly emerge if the system notion is consistently applied. Unfortunately, this notion is rarely known in depth by information technology specialists (you need only take a look at the bibliographic references that these specialists use to see that this is true). As a result, the second complexity level view has yet to be formulated. In other words, I believe that in spite of the creation and dissemination of techniques such as modularization, abstraction, information hiding, hierarchy, virtual machine, abstract data types and others, the unconnection and asystematism of these efforts demonstrate that a complexity methodology has hardly opened up its way into the scientific informatics community.

For our part, we have tried to make a contribution to the formulation process of this level which, in light of the present state of informatics, we consider necessary to the design, construction, understanding and use of this very complex technology (high technology means complex technology).

We have developed [5] a complex systems observation model, whose application to the understanding of informatics is quite promising. It consists in seeing (designing, constructing) a complex system as a multilevel, quasidecomposable system. Here we will summarize this approach as an example of what we consider to be a second level complexity view.

By taking the complexity of a system to be the minimum amount of information necessary to characterize it (definition inspired by [6], [7]), it is possible to study complexity by means of a set of interrelated factors, all of which are sources of complexity. They are the following: a) the parts or components of the system; b) their interactions; c) the environment on which some of their interactions depend; d) the observer.

In principle, it seems that complexity depends heavily on the observer. Cybernetics and Systems Theory tell us that it is the observer who defines the quantities in the system and its level of resolution [8], [9]; for this reason, the aforementioned factors a), b) and c) are subject to this definition. This is true. But it is also true that in the technology of artificial systems it is more common to find that the observer of the system is not the system's designer but rather the user. In other words, in a certain way the system is turned around: the minimum complexity of which the

observer should be capable of handling is imposed up on him by the complexity involved in the set of factors a), b) and c) in the system.

In short, in the field of artificial systems there are two important classes of observers, which we will schematically call the designers and the users. The designers face complexity in their designs and make decisions accordingly. They also have in their hands the power to codify the system in order to control the complexity of its use. For either one of these two roles, the class of designers needs to know the complexity concept and the intellectual tools ad hoc.

Now that these important boundaries have been drawn, we can center ourselves on the structural factors: the system's components and interactions which determine structural complexity.

Figure 3 presents various kinds of structures with $(n+1)$ components. A system will normally be a hybrid of these different classes of structures. We already know that a system is more and at the same time less than the sum of its parts. As complexity grows, new properties emerge and the properties of the very components are repressed. What is certain is that regardless of the kind of observer involved, an increase in structural complexity makes systems analysis or synthesis more difficult for him.

We [5] propose that the observer-designer of complex systems use an approach that is both multi-level and quasidecomposable. The first approach is achieved by organizing the structure in a level-interactive fashion with strong interactive relationships within the levels. Thus, we have two kinds of interactions: bidirectional interactions in located areas (certain levels) and other unidirectional interactions between levels, which are simpler because they are based on the static master-slave distinction.

The second and complementary principle consists in trying to measure the strength of the interactions, so that priority is given to those interactions that exceed a specific threshold of intensity. In short, this principle involves adjusting the lense in order to bring the view of the structure closer to a non-interactive situation, and applying this lense to as many components as possible. This extremely important mechanism was pointed out in 1962 by Simon in his classic essay on The Architecture of Complexity [10] and used by Conant [11], among others.

Complexity is unavoidable. It is intrinsically tied to the technological progress of society. The problem lies in knowing and accepting it so that its growth can be controled, thus making its morphology codify a relational complexity (the complexity perceived by the observer in his relationship with the object or system) that is tailored to the intellectual complexity of the observer with respect to this object.

As I said earlier, a methodology for complexity has not been designed and disseminated in informatics, and I consider this absence negative. Nevertheless, we can see that through intuition and by making approximations over time, solutions that are very similar to the multi-level and quasidecomposable approach proposed in [5] have been reached in the different areas of informatics. To this effect, under my direction, D. Lampaya has written a report, which has yet to be published and which analyzes the evolution of solutions in the specialized fields of Operating Systems, Data Bases, Network Architectures, Design and Development of Information Systems Methodologies, Programming, etc.

By taking up just one of these fields, namely Data Bases, we should note how it tends towards a theoretical scheme of level hierarchization, with a dominant correspondence between levels that goes from greater to lesser abstraction and a strong interaction in the set of elements of each level. Indeed, within each level, in an abstract model, for example, objects (entities) group themselves together, forming classes (entity sets) by considering certain properties (attributes) and passing over others. This could be considered a quasidecomposability application. The different classes interact among themselves (relationships). (See figure 4).

The last point within the evolution of these systems would be the following: for an observer of the whole, which covers the abstract model down to the physical site where the bit is situated, the system should be multi-level, establishing the greatest degree of power on the upper level. We come much closer to achieving this goal with a relational data model than with a network data model, for example, for the simple reason that the first model allows us to use a greater amount and diversity of interactions on the upper level, in this sense resembling a typical master-slave relationship in a multi-level structure.

This would be, among others, an example of the application of the second level complexity view. Thus, the complexity of the task of designing technology is kept within acceptable limits; it enables and gives form to an increase in the real complexity of technology, with its retinue of interesting properties; and at the same time, it codifies its relational complexity for users. In the case of data bases, each class of user would perhaps face only one system level, which he would see as if it were an element of a non-interactive structure (the Data Base Management System would be designed to make the lower levels transparent).

THIRD LEVEL COMPLEXITY VIEW

When data processing technology artifacts are brought into society, they go from being systems to being elements of an antroposocial system. Sparks fly at all points of contact because the (supposedly) organized complexity of an artifact confronts the disorganized complexity of man in order to adapt themselves to each another, thus giving rise to a new being, in which the first complexity usually carries out the dominant "contra natura" rôle.

During this encounter, the disorganized aspect of complexity gains strength: that is disorder, uncertainty. It is inevitable. We should not forget that disorder clearly forms part of material even at the subatomic level. It is found everywhere and in the very heart of artificial systems (artifacts). Moreover, a living organization suffers from it and needs it to evolve.

Man makes and uses high technological systems which he impregnates with his own disorder, and this disorder adds itself to the disorder these systems already carry intrinsically. It is time to recognize that a paradigmatic order technology such as informatics implies, associates and even generates a strong dose of disorder. We saw in the section on the second level complexity view how the designer (actually, a set of designers) have not yet learned how to master complexity; nor do they know how to codify complexity for the different users. It is here that we find sources of disorder. To this we should add the multiplicity of users who, at a given moment, form part of an antropotechnic system and whose specific complexities differ from the complexities of the artifacts and interfere with each other. The resulting mismatch is probably, in quantitative terms, the most important cause behind disorder. The risk of disorder grows as the complexity of the system increases.

In summation, in an environment of widespread complexity we should expect to find a certain level of disorder, in one of its many forms, from the breakdown of an artifact to the misuse of its many possibilities. We could provide a great number of examples.

Let me cite the famous problem with base software that occurred years ago before the problem of processes coordination in an indeterminist environment was discovered. Another serious problem: the unreliability of software. Moreover, we should also mention the inconceivably poor use that is made of instruction sets of computer languages. Others: poorly designed configurations; hardware-software architectural imbalances; inconsistent systems designs; informatics crimes; physical problems with electronic (granted that they are becoming increasingly rarer) and mechanical components; incompatibilities of materials, codes, languages, protocols, etc.

In my opinion, we must accept the presence of disorder in our view of informatic technology. This shapes a third level complexity view, in which the system notion must be surpassed. I am of the understanding that systems theory and cybernetics, which should inspire the second level, are insufficient here. They represent order paradigms: match-ups, organization, information, stability, complementarity, command, negentropy, efficiency, hierarchy, logic, exactness....

We must introduce a more complete vision of complexity, one that encompasses that which is organized and that which is disorganized as inseparable aspects. To the order paradigms mentioned above we must at the same time add/contrast: Mismatch, disorganization, noise, instability, antagonism, entropy, perturbation, misuse, anarchy, intuition, fuzziness...

In other words, this third level view of complexity comes closest to the reality of a high technology environment. The driving gendre of thought is found in the reflections of authors such as Morin [12].

CONCLUSION. The author sees three levels of complexity in informatics, with each level requiring one kind of view.

The first view refers to objects such as circuits, algorithms or programs. The kind of complexity formulated in these objects is recognized by all specialists.

When the informatic object is combined with other objects in order to establish systems, another kind of complexity arises which we could call systemic complexity. We do not believe that such complexity has yet to be tackled in a scientifically conscious manner. For this reason, the second level complexity view has yet to be well-defined.

Lastly, when the above-mentioned systems reach society, they give rise to antropotechnic systems. These systems require a broader view, one that accepts and confronts widespread complexity.

The formulation and dissemination of this hierarchy of levels will probably require a tremendous effort in the area of understanding and education. Moreover, they are essential in an evolutionary, high (complex) technology environment.

REFERENCES

- [1] M.M. Lehman, Programs, life cycles and laws of software evolution, Proceedings of the IEEE, Vol. 68 n°9, sept. 1980.
- [2] W. Harrison et al., Applying software complexity metrics to program maintenance, Computer IEEE., pp. 65-79. Sept. 1982.
- [3] M.H. Halstead, Elements of Software Science, Elsevier North-Holland, Inc., N.Y., 1977.
- [4] T. McCabe, A Complexity Measure, IEEE Trans. Software Eng., Vol. SE-2, pp. 308-320. Dec. 1976.
- [5] D. Lampaya, F.Sáez Vacas, Concepción multinivélica y cuasidescomponible de sistemas complejos. Aplicación a la Informática, 5° Congreso de Informática y Automática, Madrid, Mayo 1982.
- [6] G.J. Chaitin, On the difficulty of computations, IEEE Trans. on Information Theory, Vol. IT-16, n° 1, pp. 5-9. Jan. 1970.
- [7] G.J. Chaitin, Information Theoretic Computational Complexity, IEEE Trans. on Information Theory, Vol. IT-20, n° 1, pp.10-15 Jan. 1974.
- [8] W.R. Ashby, An introduction to Cybernetics, Chapman and Hall, London, 1956.
- [9] G.J. Klir, An Approach to General Systems Theory, Van Nostrand Reinhold, New York, 1969.
- [10] H.A. Simon, The Sciences of the Artificial, The M.I.T. Press, Mass. 1970, pp. 99-103.
- [11] R.C. Conant, Detecting subsystems of a Complex System, IEEE Trans. Syst. Man. Cyb., SMC-2, Sep. 1972, pp. 550-553.
- [12] E. Morin, La Méthode I: La Nature de la Nature, Seuil, París, 1977.

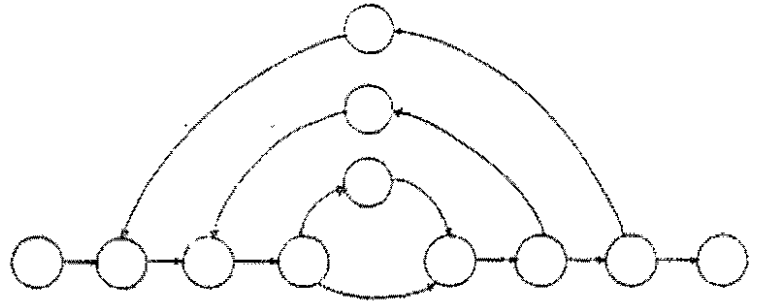
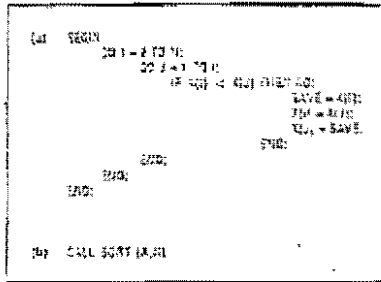


Figure 1. Actual (a) and potential (b) implementations of a bubble sort program. (Harrison et al., 1982).

Figure 2. Directed graph associated with a program's decision structure.

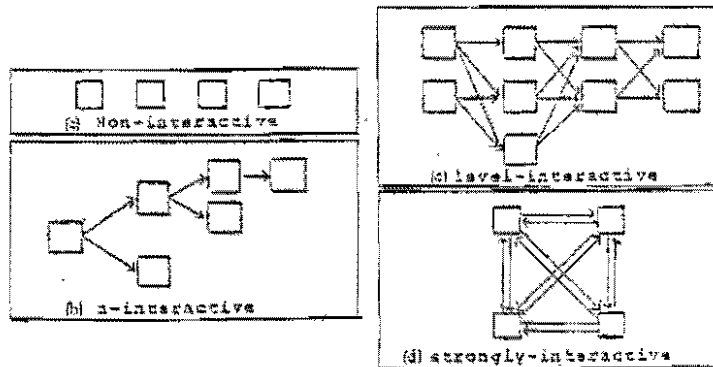


Figure 3. Kind of structures with $(n+1)$ components.

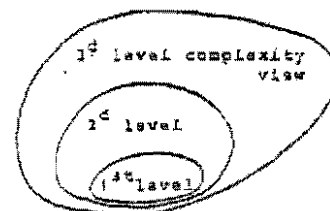
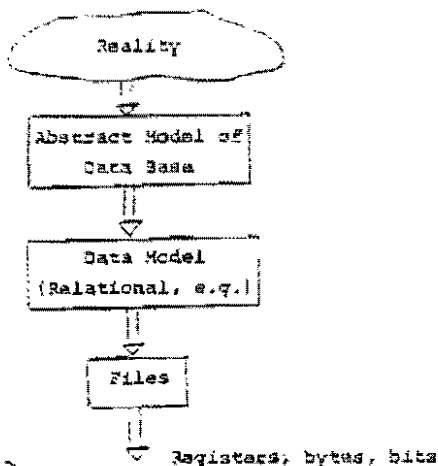


Figure 5. Fitting the three levels together.

Figure 4. Chain of abstractions or levels of a data base.

LAS TECNOLOGIAS DE LA TERCERA
REVOLUCION DE LA INFORMACION

POR F. SÁEZ VACAS

- LAS TECNOLOGIAS DE LA TERCERA REVOLUCION DE LA INFORMACION -

Este ensayo pretende ampliar el discurso acerca de las tecnologías de la información, "reducido" habitualmente, para unos, a la telemática, para otros a los medios electrónicos de comunicación de masas, para algunos a la informática, etc. Para precisar el terreno, aquí se considera solamente el nivel no significativo de la información, esto es, la información que es física en cuanto que vinculada a la materia y la energía. Con ello y pese a no entrar, por tanto, en apreciaciones de tipo sociológico, económico o filosófico, adquiere ya el cuadro complejidad bastante.

La perspectiva diseñada aconseja un breve análisis histórico en busca de las claves científicas y técnicas de las muchas 'revoluciones' que cada día se nos anuncian. No en nuestros días, sino en el siglo XIX, es en donde puede decirse, convencional pero razonablemente, que empieza la tercera revolución de la información, que con tanta intensidad se vive ahora. Allí encontramos diversos hitos de las ramas de la física, de las telecomunicaciones y de la informática que han ido configurando desde entonces, en un dinámico entretenerse, las tecnologías relacionadas con la información.

La complejidad del cuadro tecnológico podría adquirir rápidamente caracteres explosivos, por virtud de los progresos científicos multiplicativos de hoy, si no fuera -según se argumenta en el ensayo- por la presencia de dos primeros factores de integración: la electrónica y las técnicas digitalizadoras. El primero aporta un soporte físico de talante unificador; el segundo, un soporte simbólico único.

Por último, el computador -electrónico y digital-, un instrumento, cuya gestación ha requerido cien años, que

ha nacido y se viene utilizando no hace ni cuarenta, irrumpe revistiéndose de una función inédita. El computador se apoya en, y potencia, los factores integradores mencionados, e introduciéndose en el tejido de las tecnologías de la información, lo lanza a una evolución marcada por un vector de cerebración creciente. La significación profunda del computador - - aquí es que produce integración metodológica y diferenciación estructural.

¿Son éstas las pautas por las que va a discurrir la andadura próxima de la tercera revolución de la información?

1. PREAMBULO DE CAUTELA, DEFINICION E INTENCIONES

Si hay un ejercicio arriesgado dentro del ámbito de la técnica, es el de reflexionar acerca del sentido e intimidad de ésta. Procede el riesgo no sólo de la propia dificultad del trabajo de síntesis sino también de la incertidumbre ante el acto de elegir un nivel de comunicación hacia desconocidos lectores. Parece ser que cuando estos son profesionales de la tecnología, tienden estadísticamente a enclaustrarse en un ancho de banda de intereses angosto y son, por lo común, más propensos a la acción y a la especialización que a la reflexión y a la generalización.

Las consideraciones que siguen, sobre las tecnologías de la información, acometidas con el temor que acabo de señalar, abordan un tema de una actualidad evidente.

Los medios de comunicación social y, lo que es peor, sedicentes personajes técnicos confunden en alegre revoltijo términos como telemática, microelectrónica, informática... y se va haciendo hábito emplear la voz 'revolución' aplicada a uno de estos campos o a todos.

Datos oficiales demuestran que en los Estados Unidos de América, un cincuenta por ciento de la población la boral trabaja en el sector de la información. Parece desprenderse de ello que la "materia prima" de los procesos en las sociedades de economía y tecnología avanzada es la información.

Progresivamente, esa información fluye a través de un tejido nervioso, cuyas células son artefactos, es decir, lo que se entiende usualmente por tecnologías o productos de las tecnologías. ¿Qué son las tecnologías de la información?

"Las tecnologías de la información -leemos- se aplican en la adquisición, procesamiento, almacenamiento y disseminación de información vocal, icónica, textual o numérica". Esta definición, a pesar de su amplitud, es incompleta y en un sentido importante, puesto que deja fuera del discurso un tipo fundamental de información, que propongo incluir, la información sobre el mundo de la materia.

Es patente que dichas tecnologías son cualquier cosa excepto un conjunto homogéneo y su variedad de funciones es insólita. Por ejemplo, la función de adquisición de información se produce en un micrófono, en un transductor de temperatura o en un receptor de TV. Igualmente, procesar información es algo que corresponde, aunque en distinta medida y forma, a un computador y a un circuito codificador. Vemos que la función de almacenar se verifica tanto en la memoria de un computador como en un magnetoscopio. Y disseminar información ocurre a través de un sistema de transmisión telefónica, ocurre en un sistema de difusión radioeléctrica y en la simple conexión de un altavoz.

Con ser dispersa la gama, la hilvana un factor histórico común: toda ella se ha construido ostensiblemente en un período de poco más de cien años hasta nuestros días. Y en éstos, precisamente, está siendo sometida a unos procesos integradores cuya significación analizaremos aquí: las tecnologías de la información se electrifican, se digitalizan y se computadorizan, muy activamente por cierto.

2. UNA REVOLUCION QUE DURA YA MAS DE CIEN AÑOS

Nuestro marco de observación

Antes, hemos hecho referencia al término 'revolución'. Esta palabra tiende, por abuso, a desgastarse. Restaurarla,

exige una interpretación relativista.

Así, por ejemplo, si alguien habla de la "revolución del ordenador personal" incurre en exageración para quien, - experto en la materia, ve el ordenador personal como un suceso de una etapa anunciada.

Por lo general, revolución, en su sentido de "cambio brusco", ocurre cuando un fenómeno entra en una fase de aceleración intensa como resultado de la confluencia de distintas fuerzas previas y de una causa catalizadora, no necesariamente de aparición súbita. En otras palabras, apreciar un fenómeno como revolucionario tiene mucho de convencional y - depende de la magnitud del fenómeno, del grado de proximidad técnica del observador con respecto a la génesis de dicho fenomeno y de la escala temporal con que se mide la observa- - ción.

Imaginando sucesivamente marcos diferentes de observación con respecto a un objeto o fenómeno, por desplazamiento entre valores mínimos y máximos de la magnitud del fenómeno, del grado de proximidad y del intervalo de observación, ciertas revoluciones dejan de serlo y otras pasan a ser pequeñas revoluciones o revoluciones parciales. Desde luego, escoger como tema de estudio las técnicas elaboradas por el hombre en el intervalo de observación de toda su historia nos - trazaría un marco imposible. Abarcaría desde que aquél consigue la bipedestación, libera las manos y empieza a desarro- - llar su cerebro, hasta el momento actual, mientras va tallando los diversos caminos que conducen sus progresos, -tan lígados entre sí, - en el conocimiento y dominio de la materia, la energía y la información.

Pero, en cualquier caso, es obligado elegir un marco. Aquí, se considerará como objeto de atención el conjunto de las tecnologías de la información, una posición observadora de aproximación sensible a las fuerzas científicas y técni-

cas causantes (enfoque genético) y un subintervalo concreto de la historia, el período último de 100-150 años.

Quiero añadir una frase muy a propósito, de un matemático (Bruter), que dice así: "conocer verdaderamente el objeto, consiste, ante todo, en haber percibido los secretos de su historia, de la corriente de la que es, a la vez, la culminación y una proyección".

Herbert Simon ha registrado tres revoluciones de la información: la revolución del lenguaje escrito, la del libro impreso y ésta que vivimos, aún sin nombre, en despegue desde alrededor de la mitad del siglo XIX. Intentaremos, por unos momentos y en forma de trazo grueso, ajustar nuestra escala de observación a este período. Por si el lector tiene algún escrúpulo en cuanto al tiempo, piense que, confrontado con la historia de la humanidad, es perfectamente válido designar como revolución a un fenómeno que acontezca bajo régimen acelerado en un lapso -un instante- de cien o de doscientos años. Desde esta perspectiva, determinados logros que, en un marco más reducido, serían legítimamente considerados revolucionarios, aparecerán aquí como puntos de alimentación de un proceso de desarrollo exponencial.

Volviendo al "objeto", su diversidad nos llevaría a rastrear la historia remontando no una sino varias corrientes, para cubrir apenas el espectro completo de estas tecnologías. Entre otras razones, las dimensiones del ensayo así lo aconsejan, por lo que me concentraré especialmente sobre las más publicitadas -electrónica, informática, telecomunicaciones-, nombres por los que hoy se conoce a esas ramas de la incesante actividad científica del hombre. Aludiré de forma sinóptica al resto.

Telecomunicaciones y Electrónica

Se dice que cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia y esta proposición nos acerca un poco a la sabiduría, si se aplica retrospectiva y prospectivamente, esto es, si se aplica a objetos del pasado y a objetos del futuro. De no ser así, hitos percibidos en su tiempo como mágicos los tildaríamos hoy de soberanas chapuzas: verbigracia, el primer enlace radio entre Cornualles y Terranova (3.500 Kms.), que, acorde con las crónicas, se estableció en 1901, entre un emisor alimentado por un generador movido por un motor de gasolina de 25 CV, su antena sujeta a cuatro postes de 60 metros de altura, y un receptor conectado a una antena de unos 120 metros suspendidos de una cometa. ¿Qué información se transmitió? Simplemente, tres puntos, la letra S, según el código Morse. El tiempo nuestro de los satélites de comunicaciones es gran deudor de esa primera ese radioeléctrica.

Los progresos de las telecomunicaciones son muchas veces indiscernibles de los progresos de la electrónica y, más en puridad, de los de la electricidad. Electroacústica, electrotecnia, electroquímica, electromagnetismo, electrónica de vacío, electrónica del sólido, microelectrónica, optoelectrónica, crio-electrónica, ... forman un conjunto de dominios en ocasiones muy conexos. Antes de que naciera la electrónica como tal -el electrón, carga eléctrica elemental, inicia su historia en 1897 (Thomson) y alrededor de 1900 con el descubrimiento, por Crookes, de los rayos catódicos -se habían inventado el telégrafo eléctrico (1837), el teléfono (1876) y la radio (oficialmente en 1898).

Hacia 1865-67 ocurre la proeza de abstracción de Maxwell, quien con su Teoría de los Campos Electromagnéticos, crea un fulgor doctrinal que ilumina la Física de la segunda mitad del siglo, deslumbra de lleno la Electricidad y

guía, dentro de ésta, a aquellos pioneros que veían la electricidad como el medio de intercomunicar los hombres a distancia. Los afanes y la inteligencia de Hertz, Branly, Lodge, Popov, Marconi y otros en construir circuitos para producir y detectar ondas electromagnéticas han escrito sus nombres con letras de oro en las primeras páginas del libro de la tercera revolución de la información, una información creada, procesada, transmitida y detectada por medios eléctricos.

No se puede olvidar, por la misma época, la importantísima tecnología de la información ligada a los medios ópticos: microscopía, telescopía, fotografía, cinematografía, cuyo principal inconveniente es la lentitud de su transmisión, en los casos en que ésta es posible. Pero ¡atención!, que las tecnologías de la comunicación son un subconjunto de las de la información.

A partir de 1906, en que De Forest consigue el triodo, inaugurando con ello la electrónica de vacío, las telecomunicaciones y una parte de la electrónica se sinergizan continuamente, sin perder su identidad, o lo que es lo mismo, si se las mira como cajas negras, sus entradas y salidas compartidas abundan, pero cada caja tiene asimismo las suyas propias y específicas.

Durante la época de dominio del vacío en la electrónica, que termina en 1948 con la invención del transistor, se produce un período de prodigio desde alrededor de 1930, en el que, no sólo se perfecciona la radiodifusión, sino que se crean la televisión, el radar, las comunicaciones multiplex, la radionavegación, etc. También, el computador de programa almacenado, aunque ésta es historia aparte. La zona umbría de los primeros treinta años de este siglo corresponde a un enlace de continuidad con los trabajos del siglo XIX y a un esfuerzo múltiple y acumulativo en el desarrollo de -

circuitos y componentes (tubo de rayos catódicos, oscilador de cuarzo, iconoscopio, materiales aislantes), en la investigación del espectro electromagnético, en el estudio de las técnicas de modulación, y un largo etcétera preparatorio de la eclosión prodigiosa antecitada.

No hay información sin energía, es evidente. Ahora bien, para las telecomunicaciones y, por consiguiente, también para esa electrónica íntimamente entrelazada con ellas, la energía, pese a ser obviamente indispensable, ocupa un lugar netamente mediador. En otras palabras, lo que les interesa de la energía electromagnética, por ejemplo, no son sus propiedades energéticas sino sus propiedades informativas. De las primeras, basta con tener la suficiente en cantidad y calidad para que se conserven o se generen las segundas. Precisamente, ésta es una característica común a todas las tecnologías de la información, pertenezcan o no al reino de las telecomunicaciones: que son blandas (poco intensivas) en energía.

Informática

¿Y la informática? Se encuentra con la electrónica hacia el año 1945; años después, con las telecomunicaciones. Su génesis es, en todo caso, muy anterior. Sin remontarnos al hipotético cálculo astronómico antiguo (Stonehenge) o a la tradición oriental (el ábaco), se encuentra en los últimos tres siglos una clara cadena de transmisión: Pascal, Leibniz (Europa, siglo XVII); Boole, Babbage (Inglaterra, siglo XIX); Shannon, Von Neumann, Turing (U.S.A., Inglaterra, décadas de los 30 y 40, siglo XX). Todos estos personajes son matemáticos y cada uno de ellos ha impreso su genio en cierta manera sobre (al lado de) la obra de sus antecesores (coetáneos). No cabe duda de que otros muchos han contribuido con sus trabajos a crear la informática que hoy conocemos. Empero, el susodicho esquema de personajes,

momentos y lugares sitúa muy aproximadamente, a mi entender, los núcleos genésicos y un rasgo fundamental: la esencia de la informática es matemática.

Un análisis más pormenorizado indica la existencia de tres corrientes, no siempre disjuntas, de desarrollo, que confluyen en el ordenador actual. Son las máquinas calculadoras, las máquinas estadísticas y las máquinas (luego autómatas) lógicas. Entre las primeras hay que citar la Pascalina (por Pascal) y la máquina de diferencias, de Babbage, aunque adquieren su mayor auge a partir del último - cuarto del siglo XIX, y fama especial, poco antes de terminar éste, la máquina Millionnaire. Su finalidad, el cálculo en general, científico y comercial.

Las máquinas estadísticas se construyen, al impulso del interés en la investigación social iniciado por la época de Darwin, con el fin de manejar masas de datos a la búsqueda de relaciones. Con ocasión del censo de 1890 de los Estados Unidos de América, se impuso el ingenio de Hollerith con su sistema eléctrico de tabulación alimentado por tarjetas perforadas. A lo que se dijo, toda una nación fue computada por medio de la electricidad. Hollerith aplicó y actualizó el principio de la información perforada - que, un siglo antes, Jacquard empleó en sus telares. El impacto de esta idea, con ligeras variantes, ha sido enorme y perdurable hasta nosotros.

En los autómatas lógicos se combinan estas dos - ideas, el control automático, popularizado desde 1787 - por el regulador de Watt (modelado teóricamente por Maxwell) y la operación lógica, puesta en práctica, desde la publicación por Boole de su obra The Laws of Thought en 1854, con sucesivas máquinas.

A lo largo de una cronología muy apretada en realizaciones, en la que, entre otras cosas, se pasa de una tecnología básica mecánica a una tecnología electromecánica y

luego electrónica, los progresos respectivos culminan en 1945 con el diseño del ordenador de programa almacenado, en el que se funden todas las ideas que hemos abocetado, y se plantean otras nuevas. Esta obra, cuya firma encabezaba von Neumann, era el diseño de un artefacto en el que el automatismo residía en el programa, siendo éste ejecutable en una máquina capaz de operaciones y decisiones lógicas y de operaciones aritméticas. La computación y el almacenamiento se efectúan en modo digital binario.

No me resisto a citar a dos pioneros, que escribieron páginas claves del libro de la Informática, previas aunque coetáneas de las de Von Neumann. Shannon, - que once años después escribiría su memorable Teoría Matemática de la Comunicación, demostró en su tesis (1937) que la matemática adecuada para el análisis de los circuitos de conmutación con relés era el álgebra de Boole. He ahí que la matemática pura que, según Bertrand Russell, fue descubierta por G. Boole, se constituía en el instrumento teórico indispensable al estudio del muy complejo circuito de relés del analizador diferencial de Bush (problema en el que se ocupaba Shannon) y de las centrales telefónicas.

Alan Mathison Turing, matemático inglés, inventó un computador abstracto, extremadamente simple, capaz de cualquier cálculo, un instrumento teórico que representa una cumbre del pensamiento y la piedra angular de los fundamentos de la informática.

Creo que ha quedado patente a lo largo de mi exposición la fortaleza del encadenamiento en el tiempo de los esfuerzos teóricos y prácticos, de tal manera que es erróneo (y frecuentemente estéril) considerar los hechos aislados. Daré una última pincelada. Turing valoró los escritos de Ada de Lovelace, inglesa como él, matemática, ayudante de Babbage, quien escribió estas bellas palabras:

"La máquina analítica (de Babbage) teje patrones algebraicos igual que el telar de Jacquard teje flores y hojas". Hoy, la Inteligencia Artificial, tan portadora de futuro, reconoce entre sus pioneros a Shannon y Turing.

Otras tecnologías y esquema del conjunto

Me gustaría ser capaz de expresar en pocas líneas un esquema coherente y no simplista del conjunto de las tecnologías de la información, algo que ayudara a comprender su presente y a prefigurar su futuro. Todas las tecnologías nacen de algún impulso profundo del hombre.

Hay un impulso de curiosidad infatigable que le lleva a inquirir el universo que lo rodea: la naturaleza, la materia. Las Ciencias físicas y químicas han constituido una constante fuente de la que han brotado tantos y tantos descubrimientos que han modificado las formas de vida del hombre y su relación con la naturaleza. En particular, han proporcionado los elementos para hacer realidad otros de sus sueños o deseos.

Por ejemplo, el deseo de comunicación. El libro impreso (Gutenberg, 1455) se prolonga en nuestro tiempo con las técnicas gráficas avanzadas y adquiere un vigor inusitado en la popular tecnología reprográfica, ramas indudables de las tecnologías de la información. Del mismo impulso nacen las técnicas del sonido y de la imagen y las telecomunicaciones.

Otro deseo específico del ser humano es el de abstracción intelectual y de modelación que, tras pasado un cierto umbral, se desborda en un afán de control del entorno por medios artificiales inteligentes. En ese deseo se enraízan la filosofía, la matemática y, por lo que a este ensayo concierne, tan poderosa rama de las tecnologías de la información como es la informática.

He insistido en subrayar el aspecto diversificado y tentacular de las T.I.^{*}, con el decidido propósito de contrarrestar el reduccionismo habitual en el tratamiento de este tema. Intento ahora ponerlas en relación con tres clases de impulsos del ser humano: el deseo de conocimiento, el deseo de comunicación y el deseo de abstracción. Ellos configuran troncos tecnológicos, históricamente diferenciados, pero que en uno u otro momento adquirieran nuevas formas y direcciones al nutrirse de la sustancia que genera un tronco principal, al que se ocupa sin cesar de la investigación de la materia (ligado al deseo de conocimiento). En este proceso vivo se derivan, por un lado, tecnologías de observación y medida (T.I.) para los propios fines de desarrollo de tal tronco principal (espectroscopía, talescopía, microscopía, cromatografía, magnetometría, instrumentación de transducción en general) y, de otra parte, los huesos y la carne para dar cuerpo a los otros dos impulsos y a las actividades humanas con ellos relacionadas.

Aquí se encuentra el papel de la electrónica, por ejemplo. Consecuencia ella de la investigación sobre la materia, ha permitido renovar o potenciar las tecnologías de información acerca del mundo físico, las tecnologías de comunicaciones y la informática; y su mismo éxito aplicativo le devuelve iterativamente un incentivo incrementado.

Hallamos también aquí razones para comprender el carácter inevitablemente polifacético de las tecnologías de la información. Fijémonos en la informática. Se dijo que posee una esencia matemática, suerte de núcleo bastante independiente de su corporeización física o instrumental. Sin embargo, esta última faceta es extremadamente fuerte y hoy muy inervada por los progresos de la microelectrónica. A lo anterior, es preciso añadir la particularización debida a la problemática concreta a la que se aplique. Así que ya tenemos tres clases de facetas, la primera basada en

* En adelante, se empleará con frecuencia T.I. para designar abreviadamente las Tecnologías de la Información.

sus orígenes, la segunda marcada por las aportaciones físicas y de ingeniería y la tercera por el género de actividad en que se ejerce. Adicionalmente, las facetas se multiplican por entrelazamiento con otras T.I. históricamente específicas y ya mencionadas. Que cada lector, si lo desea, desarrolle las combinaciones. El razonamiento podría repetirse comenzando con todas y cada una de las T.I.

Parece un juego de palabras esto de las ramas históricas de la tecnología y de sus facetas. No lo es, en absoluto. De hecho, es un asunto pletórico de enseñanzas, a poco que uno se molaste en proyectar todo este esquema sobre culturas o sociedades concretas.

Así, no tiene nada de casual que las T.I. se hayan desarrollado en países en donde la ciencia positiva constituía una parte significativa y apreciada del quehacer social. En último extremo todas ellas se engarzan con una cierta tradición científica, si bien, en términos más directos, la 3ª revolución de la información tiende a iniciarse con la percepción y aprovechamiento de determinados aspectos de la energía, que luego hemos dado en llamar "información".

El progreso en la segunda faceta de las T.I. no se detiene y pertenece a quien domina todas las ramas de la física y las ingenierías correspondientes. Y sólo con que se alterase esta faceta, aunque permaneciesen las otras, ya cambiaría mucho o casi todo en las T.I. Es lo que está y seguirá sucediendo.

La frase "quien tiene la información tiene el poder" puede ya transformarse en "quien tiene la tecnología de la información tiene el poder". Como la tecnología de la información es una consecuencia del dominio científico y tecnológico en general, ya se sabe quien acapara el poder y cuáles

son las posibilidades de los demás. Corolario: dondequiera que sea, el sector de la Información experimentará cambios aún más profundos, aunque su incremento relativo como sector ocupacional probablemente está más relacionado con el poder científico y tecnológico de un país que con cualquier otro factor.

3. PERSPECTIVA INTERFUNCIONAL DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.

Un bosque inextricable

Después de este paseo por el tiempo histórico, detengámonos en el hoy, a ver qué nos ofrece el baul de las T.I. y cuál pueda ser su tendencia para un próximo futuro.

Ya la propia definición de 'Tecnologías de la información'-recuérdese que he considerado oportuno extenderla-es una taxonomía de carácter funcional (adquisición, procesamiento,...) antropocéntrico (información vocal, icónica, etc.). Aún puede profundizarse en nuevas dimensiones clasificatorias, con arreglo a parámetros instrumentales, como el tipo de energía (térmica, mecánica, química, electromagnética, fotoeléctrica, etc.), el material (metal, vidrio, semiconductor, gas,...), la estructura, el régimen temporal de la información (continua, discontinua), etc. Mayor nivel de resolución se alcanza discriminando subclases de energía, materiales e información (incluyendo aquí lo analógico, lo digitalizado, lo digital y las distintas modalidades de representación, modulación, muestreo, codificación, etc.). Partiendo de la definición inicial, es posible ir descendiendo sucesivamente en detalle hasta construir una clasificación de los artefactos de la información, que desde luego no es un árbol -en el sentido matemático del término- pero sí un inextricable bosque.

En mi opinión, navegar por este bosque, incluso mentalmente, es tarea poco menos que imposible. De hecho, nuestra proclividad a la especialización nos lo impide. Por suerte para todos, aunque el número de artefactos va a continuar aumentando, la complejidad del bosque sufrirá un aumento lineal y no exponencial -como sería de esperar-, gracias a varios factores técnicos integradores.

Espero que la anterior descripción, aunque breve y muy conceptual, haya conseguido el objetivo, por un lado, de esquematizar un índice del enorme abanico instrumental disponible y, por otro, de señalar la conveniencia de emplear complementariamente un modelo más abstracto, que nos conduzca a las conclusiones generales que venimos anunciando.

Las T.I. como procesadores de la información en el tiempo, en el espacio y en la forma.

Con un pequeño esfuerzo, todos somos capaces de imaginar objetos sometidos a describir trayectorias tridimensionales en el tiempo, el espacio y la forma. Otros objetos activos, que llamaremos en un sentido diferente al habitual, procesadores, son quienes someten a los primeros y lo hacen desplazándolos con respecto a un referencial T.E.F. (T: tiempo; E: Espacio; F: forma). Generalizando al máximo, los objetos pasivos pueden ser materia, energía o información y, puesto que sabemos que estos tres elementos marchan juntos, conviene aclarar que en cada circunstancia el objeto procesado es preferentemente uno de ellos. En la condición de su irreductibilidad mutua, radica, creo yo, la característica tan apreciada hoy de la información como ante racionalizador del consumo energético.

Que la información en sí sea algo, probablemente indefinible, un conjunto virtual de propiedades de la ma-

teria/energía, sujeto en su realización a la eventual presencia de otros objetos sensibles a determinadas formas de energía, no invalida su consideración abstracta como objeto. La caja de herramientas de la información se compondría así de tres tipos básicos de "procesadores": procesadores T, que mueven la información en el tiempo; procesadores E, que mueven la información en el espacio y procesadores F, que mueven la información en su forma (cambian su morfología).

Así pues, todo proceso de información es o puede ser una cadena de procesos básicos y todo procesador real de información es un procesador básico o una estructura de procesadores básicos. ¿Ejemplos?. Un aparato telefónico es un procesador E, en emisión o en recepción, que actúa sobre la información sin modificar su forma (en términos ideales), únicamente transfiriéndola de un soporte energético, onda sonora, a otro, onda eléctrica, y viceversa. Un circuito codificador es un procesador F. Todos los procesadores afectan a la información en el tiempo, aunque no sea más que por el lapso ineludible en el proceso, pero los hay especializados en retenerla: son las memorias. Conservan una información congelada en el espacio y en la forma (idealmente), luego sólo la desplazan en el eje del tiempo. ¡Atención, no confundir el procesador T memorizador con el soporte material que éste utiliza para desarrollar su función, sea aquel una fotografía, una cinta de video o una ficha perforada!.

Por último, los instrumentos de la información, siendo por lo general sistemas compuestos por procesadores básicos, es lícito verlos desde fuera como procesadores T, E o F si el cambio que producen globalmente a lo largo de una de las dimensiones es notoriamente dominante. Es por eso por lo que una red telefónica se comporta a la manera de un procesador E: toma una información en un punto

del espacio y la traslada selectivamente a otro punto del espacio. Sabemos que su estructura comporta per se indeseables procesadores T y procesadores F, lo que implica retardos, deformaciones y fallos, que degradan la calidad de su función principal, el transporte de la información. Sabemos que cumplir dicha función implica encadenar procesos parciales por tramos de espacio en un entorno de concurrencia informacional de múltiples puntos de entrada y salida distribuidos en el espacio. Sigue siendo predominantemente un procesador E, un muy complejo procesador E, puesto que lo estamos considerando externamente.

El campo de la espectroscopía, tan fundamental para nuestro conocimiento del mundo físico, nos suministra cuantiosos ejemplos de procesadores predominantemente E, por mucho que a veces sustancien cambios de forma de la información, como ocurre en la espectroscopía molecular basada en la variación de frecuencia experimentada por la radiación incidente sobre una molécula (efecto Raman). De manera general, todos los instrumentos concebidos para emitir, reproducir, transmitir o recibir información se comportan como procesadores E.

Donde se destrumba estrepitosamente esta regla de unifuncionalidad comportamental es en el computador, que es un procesador F y T, a la vez, según grados y modos variables, controlados por programa: la especificación del eventual proceso F es una información, sometida ella misma a un proceso T, de tiempo elegible a voluntad.

4. CAMINOS DE INTEGRACION

Sugiero que focalicemos ahora nuestra atención en el problema de integrar unos procesadores con otros, con la finalidad de componer nuevos instrumentos, aspecto que habíamos soslayado. Apenas podemos hacer otra cosa que re-

zar la epidermis del problema, pues de otro modo tendríamos que penetrar en el bosque de diferencias apenas desvelado anteriormente. En lugar de esto, señalaré y analizaré dos categorías de vectores que están modificando la estructura y el contenido de dicho problema: el vector de electronificación creciente y el vector de digitalización creciente.

Vector de electronificación

Nadie duda acerca del papel que juega la electrónica en el desarrollo actual de las tecnologías de la información y, por consiguiente, en los productos y servicios - derivados. Podría, y debería, matizarse que su influencia - directa e indirecta no alcanza al cien por cien de las T.I. Hay abuso también cuando se cita la microelectrónica como su soporte casi exclusivo, mas, en conjunto, es lo cierto que el corazón del bosque se va reestructurando con árboles de la misma o parecida especie, de raíces, tronco y hojas de materia electrónica. Por citar ejemplos del dominio común, la cámara de fotografía, la cámara cinematográfica, el microscopio, el telescopio, el reloj, ciertos instrumentos musicales, han encontrado sustitución, ampliación o - complementación, según los casos, en sus homólogos electrónicos. La instrumentación de medida y control incorpora, día a día nuevos elementos de la electrónica y ésta - es una verdad experimentalmente indiscutible. Sin embargo, se mire por donde se mire, permanece y permanecerá siempre un reducto no electrónico, -progresivamente reducido, eso sí- en las áreas funcionales de la adquisición y de la difusión de la información y dependiendo de la naturaleza energética inicial o final de ésta.

El progreso de la electrónica se manifiesta en la producción de elementos cada vez y a la vez más baratos, menos energéticos y más potentes. Con las dos primeras - condiciones se favorece su diseminación y su penetración.

En la tercera radica un impulso incesante de potenciación de funciones, porque cuando digo 'elementos más potentes', estoy empleando una palabra genérica para significar más capaces (memoria, canal), más veloces (procesador, memoria), más sensibles (transductor), más potentes (emisor, receptor), de mayor anchura de banda, de mayor rango de representación, de mayor versatilidad, etc.

No doy cifras, por no apartarme del tratamiento conceptual del tema. Son sustanciales y rápidamente mudables. Su impacto sobre las posibilidades del tratamiento de la información se extiende vertiginosamente y simultáneamente a las tres dimensiones T.E.F.

El lector puede prepararse un ejemplo ilustrativo al respecto comparando el grado de inmediatez y de autonomía en producir imágenes, almacenarlas, recombinarlas, reproducirlas o transmitir las a cualquier lugar del mundo - por procedimientos cinematográficos o por procedimientos electrónicos.

Vector de digitalización

La digitalización se basa en el hecho de que cualquier información puede representarse a partir de un conjunto de dos signos diferentes. Me refiero a la digitalización binaria, que es prácticamente la sola utilizada. - Que toda información pueda transformarse en una secuencia adecuada de dos signos fundamentales iguala en la forma, por así decirlo, la imagen con el sonido, y con los números, los signos alfabéticos o las señales de cualesquiera fenómenos físicos. Desde este punto de vista, se borran las diferencias entre una señal electrocardiográfica, una fotografía obtenida por un satélite, la voz humana, el texto de una noticia periodística, el valor medio de un campo magnético, los ecos provocados por una serie de explosiones sobre yacimientos submarinos o los datos de mi cuenta corriente.

Resulta difícil exagerar la significación unificado ra de estas dos líneas de tendencia. La integración de proce sos adquiere con estas dos palancas un vigor desconocido, - puesto que los procesadores hablan el mismo lenguaje digital binario - mismo soporte simbólico - y emplean un mismo sopor te físico - la electrónica. Es un paso trascendental.

El computador (siempre redescubierto) en un, nuevo pa
pel con las T.I.

Sin embargo, las razones expuestas, aún siendo sólidas, no podrían por sí solas justificar la realidad actual y el potencial explosivo de las tecnologías de la informa-- ción, ya que, tras aquéllas, se ocultan nuevas y serias res-- tricciones prácticas. Brevemente, el ser humano se vería - desbordado para afrontar con sus armas intelectuales el - torbellino abierto de posibilidades T.E.F., entre las que - muchas le son inaccesibles incluso a sus sentidos. Además, la representación digital binaria no entraña un lenguaje - único, sino que encierra cualquier diversidad de códigos y lenguajes, análogamente a como con los veintitantos signos del alfabeto pueden construirse conjuntos tan distintos como el diccionario español o el diccionario alemán. La pieza argumental última, el eslabón necesario, para paliar o di-- solver muchas de estas dificultades (abriendo nuevos campos de dificultades, todo hay que decirlo) es el computador, - precisamente electrónico y digital.

El computador (ordenador o computadora, como prefie ra cada cual) ha significado un hito, primero como instrumen to increíble e infatigable de cálculo y después, como ins-- trumento de tratamiento de datos. Su huella se ha hecho indeleble en el brutal tirón de la investigación científica y en el avance técnico de estos últimos treinta años y se extiende decididamente por la industria, la gestión económica y la organización social.

Ocurre que ahora estamos descubriendo y aplicando el atributo más general de un computador: su capacidad de manipulación de símbolos. De ahí surge su nuevo y doble papel. Integrándose como instrumento en el conjunto de instrumentos de las tecnologías de la información, permite integrar éstos y controlar su acción. Recordémoslo: es un procesador TF, y la F no es fija, sino programable. Es decir, con velocidad electrónica, almacena, recupera y realiza sus manipulaciones simbólicas (accesos, búsquedas, clasificaciones, selecciones, conmutaciones, transformaciones, cálculos, etc.).

Con el computador, la informática y la electrónica, penetran, enriquecen, sinergizan y multiplican todas las ramas de la tecnología física de la información. Un procesador T se hace más rápido y flexible (manipulable, automatizable) si tiene un computador dentro y aumenta su conectividad a otros procesadores F o E. A los procesadores F y E les sucede lo propio. Todas las telecomunicaciones se ven afectadas por este movimiento y sus redes y sistemas se trufan de ordenadores, que hacen posible un proceso E más completo, más versátil, más extendido y más inteligente. Así, por ejemplo, los computadores se transmutan en centrales telefónicas, al tiempo que la red de transporte telefónico se convierte en el gran procesador E que intercomunica otros computadores y el televisor doméstico se viste de terminal de datos. Camino de mayores cotas de integración, los aparatos telefónicos se están configurando como terminales de voz y datos, que incorporen funciones T (memoria) y F (computación). Son los videófonos, que sumarán a su capacidad de acceso a las redes de telefonía y de cálculo, sus capacidades autónomas.

Podría citarse un largo etcétera, lo que sólo sería pálido retrato del principio de una etapa en la que las telecomunicaciones, para aprovechar además la oferta

canalizadora de satélites y fibras ópticas, necesitan ostensiblemente el computador, quien asumirá el control de las redes y la transformación de formatos, códigos, protocolos, correcciones, el almacenamiento de la información y una amplia gama de operaciones.

La reprografía, el mundo de la imagen y el sonido, la instrumentación de observación científica (incluyendo las numerosas aplicaciones en biología), el manejo de procesos físicos -en la parte que corresponde a la información (la automatización y la robotización se basan en un ciclo cerrado de captación de información, tratamiento y acción)- son tantos otros campos que están recibiendo o recibirán la impronta de los computadores.

Artefactos de uso corriente, sean o no artefactos informativos, se nos aparecen de pronto dotados de un microprocesador: la fotocopidora, el magnetoscopio o el coche. En las oficinas, la máquina de escribir mecánica se convirtió primero en una máquina eléctrica y ahora en un procesador de texto que, arropado por la instantaneidad de su memoria electrónica, permite toda suerte de manipulaciones textuales, incluidas el almacenamiento, recuperación, impresión sobre papel, reproducción en pantalla o transmisión a otros puntos por red local o red de larga distancia. En los cines y en nuestros hogares, nuestros ojos se habitúan a imágenes animadas que, en modo alguno, brotan de lo real, sino que están computadas, esto es, generadas por un ordenador y son, por todo lo dicho, un objeto más de información física.

La potencia transformadora del ordenador, frenada sólo por la complejidad de determinados algoritmos, acomete de manera generalizada el proceso de las señales y abre las puertas al desarrollo de la inteligencia artificial, lo que, entre otros aspectos, le dotará de terminales ner-

viosos sensibles a informaciones antropomórficas.

5. PAUTAS DE DIVERSIFICACION DE LAS T.I. EN UN PROXIMO FUTURO.

Las confluencias señaladas parecen marcar un camino para las tecnologías de la información, donde hay muchos problemas técnicos por resolver y surgen nuevos problemas, aunque dentro de una orientación presuntamente asentada.

Con el impulso de coherencia y control aportado por la electrónica, por la digitalización y por el empleo masivo de los computadores no se elimina la diversificación. Al contrario, probablemente se incrementa, por enriquecimiento e interconectabilidad de funciones, debido, de una parte, a la incontenible explosión de la oferta de productos electrónicos y, de otra, a las posibilidades del computador. En otras palabras, creo que estamos asistiendo a una fase histórica de integración metodológica de las tecnologías de la información, que provoca un auge (controlado) de diferenciación estructural.

En cuanto al computador, hay que resaltar dos cuestiones importantes. Primera, el computador no es un ente de propiedades físicas y funcionales únicas, sino que es un conjunto que se extiende desde el más simple microprocesador hasta la máquina de estructura más aparatosa y complicada. Consecuentemente, éste es un factor dinamizador de instrumentos tan variados como permita la imaginación, la necesidad o el mercado, desde los previstos para uso individual y autónomo hasta grandes y complejas redes mundiales.

En segundo lugar, el auténtico motor generador de funcionalidades es el programa, donde reside el poder transformador de las informaciones, y ahí las posibilidades entran en un juego de combinatoria innumerable. Como detalle final, ha de resaltarse que los programas que, en definitiva, son

paquetes de inteligencia, son también informaciones y, por tanto, almacenables, reproducibles, transmisibles, perfeccionables. Humildemente, quisiera reclamar la atención del lector pidiéndole que ²³¹³³ este párrafo y medite en las muchas consecuencias que entraña.

No resulta aventurado añadir que las tecnologías de la información, lanzadas en su marcha por los vectores de electrificación creciente y de digitalización creciente, están experimentando -en analogía con el proceso evolutivo de los homínidos- un proceso guiado por un vector de cerebración creciente.

6. A MODO DE RESUMEN

Después de extender el concepto de tecnología de la información, un breve y un tanto lírico análisis histórico me ha permitido matizar la idea, hoy adulterada, de revolución técnica, situando los espectaculares progresos de las T.I. como eslabones de una cadena evolutiva de corrientes que se entrelazan, a veces con puntos de amplificación. Cada corriente obedece a algún impulso humano, tiene esencia propia, pero se ha desarrollado con vigor sólo en aquellas sociedades donde la ciencia y la técnica han adquirido en ese período carta de naturaleza.

El corolario es que el futuro y el presente se escriben con base en el pasado inmediato y ésta es una situación recurrente. Por tal motivo, la innovación en el terreno de las T.I. es esperable sólo de quien tenga bien solidificado y engrasado un poderoso aparato científico y su correspondiente prolongación en ingeniería.

Las tecnologías de la información, consideradas en un espacio abstracto funcional T.E.F., nos manifiestan algunas claves de su evolución. Las he llamado vectores, en

el sentido que este término nos transmite de proyección hacia el futuro, y son: electronificación, digitalización y computadorización. He argumentado sobre las consecuencias de integración funcional y metodológica y diversificación estructural de las T.I; quizá en esto último me he quedado corto. No puedo dejar de subrayar que la existencia de estas pautas no excluye para nada un cúmulo de problemas técnicos por resolver.

No he querido entrar en el terreno de las consecuencias sociales y por ello me he referido exclusivamente a la información en su dimensión no significativa, esto es, física. Ya solamente desde este punto de vista, las consecuencias adquieren una grandeza difícil de abarcar, porque tiende a completarse un mundo nuevo para el hombre, lo que se ha llamado la tacnosfera. Efectivamente, el hombre está en camino de culminar instrumentalmente la superpotenciación de sus capacidades: sus órganos ejecutivos o efectores, sus órganos receptores y su sistema nervioso. Sus mundo físico y social se empequeñecen y agrandan al mismo tiempo.

Todo ello afecta a su organización social, económica, a la totalidad de su vida. Crea desconocidas posibilidades y desequilibrios, que requieren procesos adaptativos complejos. La complejidad crece y a su costado crece inevitablemente el desorden (conflictos, desorganización, ruido). Con la infosfera, -la parte de la tacnosfera generada por las T.I.-, entran en juego otras dimensiones significantes de la información, específicas y vitales en el ser humano, y se depositan nuevos estratos de complejidad. Pero éste es ya tema para comunicólogos.

- PONENCIA -

PROPUESTA DE ALGUNAS PAUTAS PARA GUIAR LA ELABORACIÓN, A MEDIADOS DE LOS OCHENTAS, DE LOS OBJETIVOS, METODOLOGIA Y PEDAGOGIA DE LA ENSEÑANZA DE LA INFORMATICA EN CUALQUIER SISTEMA EDUCATIVO.

<u>INDICE</u>	<u>PAG.</u>
1. AMBITO DEL ESTUDIO	3
2. PARADIGMA DE COMPLEJIDAD	9
3. EDUCACION; APRENDIZAJE DE INNOVACION	14
4. REFLEXION SOCIOTECNICA SOBRE LA INFORMATICA ..	22
4.1. Sobre informática y tecnologías de la in- formación	22
4.2. Sobre tareas básicas en informática	26
4.3. Sobre el qué hace y cómo lo hace (en in- formática)	38
4.4. Sobre informática y complejidad	40
4.5. Sobre historia e impactos sociales	45
5. UNA CUESTION DE ENTORNO: LAS SUBCULTURAS INFOR- MATICAS	48
6. A MODO DE SINTESIS DE CONCLUSIONES	58

*Para llegar al punto que no conoces,
debes tomar el camino que no conoces.
(San Juan de la Cruz).*

1. AMBITO DEL ESTUDIO

Este documento se ha elaborado para servir de base y estímulo a otras aportaciones individuales y al debate - que tendrá lugar durante un seminario que, sobre Objetivos, Metodología y Pedagogía de la Enseñanza de la Informática, está organizando el CREI para el próximo mes de noviembre. Por el propio título se ve que el tema tiene envergadura; probablemente, es un tema en el que, por muchas y variadas razones, lo más conveniente consista en hallar un plano - adecuado de generalidad y ahí pergeñar un esquema coherente de ideas, proyectable luego a otros planos. Construir - dicho plano y abocetar ese esquema es, en definitiva, la - meta de este documento.

Cuando se piensa en el auge tan intenso y al mismo tiempo tan rápido que ha ido adquiriendo la informática, - resulta evidente que es un fenómeno que hay que trasladar al sistema educativo.

Naturalmente, el número y la variedad de factores que juegan en el tema convierten la operación en un problema poco menos que inextricable y, como estrategia defensiva, se tiende dondequiera a fragmentarlo en un montón de - pequeños problemas inconexos, cuyas soluciones son asimismo inconexas. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, cuando - se aborda aisladamente uno solo de los niveles o parcelas de un sistema educativo. Además de inconexos serían estériles intentos de reestructurar parcelas educativas desde - una perspectiva unidisciplinar, por importante que parezca, como es el caso de la informática.

El CRET define, en principio, el ámbito del Seminario de forma que abarque a la vez varios, no todos, los eslabones del sistema educativo: lo que en España se llama - la Educación General Básica, el Bachillerato, la Formación Profesional y la Enseñanza de la Informática en el trabajo. El campo aplicativo debe comprender España y los países - iberoamericanos. Vayan una reflexiones rápidas acerca de - esta definición.

La primera delimitación no parece descaminada, en absoluto. Todo lo contrario. Si se exceptúa la pieza desenchajada de la Formación Profesional, se aprecia que, dada - la vastedad del problema, se ha optado por referirse a - aquellos dominios educativos más generales, los que corresponden a todos los individuos que, sin ser profesionales - de la informática, son o serán afectados por ésta. 'Computer literacy' es el nombre que se da, en la bibliografía - al respecto, a tal preocupación. Aún admitiendo la pertinencia analítica de esta primera diferenciación del sistema educativo, conviene señalar que el problema nunca estará planteado al completo sin considerar profundamente la - interdependencia con los dominios educativos especializados.

El estado práctico de la cuestión es más bien pobre. Hay experiencias concretas por aquí y por allá, se - han escrito algunas cosas notables y también se han dicho trivialidades y, lo que es peor, barbaridades. Lo cierto - es que la informática no ha penetrado en el corpus de ningún sistema educativo. Se cierne sobre el tema la sombra - inercial del 'retraso del aprendizaje', al que más adelan-

te se volverá en este estudio. Se está todavía más que nada al nivel de las declaraciones de principios. Como muestra - de ello pueden valer las recientes (y aún impublicadas) conclusiones y recomendaciones de la Conferencia IFAC/IFIP sobre "Training for Tomorrow", celebrada en Holanda en Junio de 1983. En el capítulo segundo, titulado 'Computer Literacy', dicen:

2.1. 'Computer literacy' (que pudiera traducirse - por alfabetización informática) podría dividir a la gente - en dos categorías, análogas a las de alfabetos y analfabetos. Para prevenir esta situación, se debería introducir en los programas de la educación general (sobre todo, secundaria) la alfabetización informática.

2.2. La alfabetización informática en la educación general no debería incluir sólo temas de utilidad para futuros profesionales de la tecnología de la información. Como una parte de la formación básica de cualquier ciudadano debería considerar temas relevantes para toda persona inmersa en una sociedad de información, verbigracia: información - (calidad, características, etc.), algoritmización, posibilidades y problemas de los sistemas de recuperación, aplicaciones, impactos sociales, etc.

2.3. El trabajo con computadores en las escuelas debería hacer hincapié en un enfoque de resolución de problemas, que ofrece a la escuela una posibilidad de enseñar cómo afrontar la información en nuevas situaciones. De esta forma, los estudiantes podrán alcanzar prerrequisitos básicos para su futuro puesto de trabajo, y no sólo destrezas y conocimientos, sino también actitudes e interiorizaciones.

Desarrollar y poner en práctica parecidos principios requiere una tarea ardua, pero factible, siempre, que se ponga en relación con un sistema educativo concreto y determinado. Los sistemas educativos suelen ser reflejo de las sociedades en que se insertan y éstas difieren entre sí por muchos parámetros culturales y económicos. La pregunta ¿qué hay que enseñar de informática a un muchacho de dieciseis años? obtendrá tres respuestas distintas en los Estados Unidos de América, en España y en Paraguay, cada una impregnada de poderosos argumentos. Es obvio que algunas sociedades están tan lejos de estar estructuradas como sociedades de información que la pregunta anterior ni siquiera les concierne, no hay más que echar una ojeada a las tablas estadísticas de la UNESCO para comprender que es absurdo hablar de alfabetización informática allí donde esté pendiente la alfabetización, sin adjetivos.

Por tanto, la imposibilidad e inutilidad de ajustar detalles en cuanto a la enseñanza de la informática en los niveles educativos precitados, con simultánea validez para sistemas tan dispares como los que rigen en el conjunto de los países iberoamericanos, aconsejan adoptar el siguiente plan de puntos básicos:

Primero: Recopilar algunos rasgos generales de índole educativa que deberían configurar el ambiente de enseñanza de la informática o construir su sustrato conceptual, según los casos. Se desarrollará en los capítulos *Paradigma de Complejidad y Educación*, *Aprendizaje de Innovación*.

Segundo: Trazar ciertos rasgos generales de índole fundamentalmente técnica acerca de la informática y otras tecnologías conexas. El enfoque será crítico y orientado mayormente a poner de relieve las deficiencias esenciales que puedan estimular resonancias en

los esquemas educativos. Se desarrollará en un capítulo titulado *Reflexión Sociotécnica sobre la Informática*.

Tercero: Describir algunos rasgos de índole socio-técnica, cuyo objetivo es proporcionar ejes orientativos para una contextualización social de la informática, basados en la idea de que el desenvolvimiento técnico de la informática es realmente muy distinto en una sociedad y en otra, dato trascendental para configurar socialmente las respectivas herramientas educativas. Se desarrollará en el capítulo denominado *Una Cuestión de Entorno: Las Subculturas Informáticas*.

Toda sociedad, a medida que vaya haciendo evolucionar su organización hacia estructuras alimentadas por flujos crecientes de información, sentirá la necesidad de adecuar su aparato educativo a esa realidad. El cuadro de rasgos que aquí se esboza puede servirle de guía, pero nada le evitará tener que desarrollar sus propios Objetivos, Metodología y Pedagogía en busca de un equilibrio con otras realidades que pugnan por entrar en el sistema educativo y con - vestigios, hábitos o temáticas que se resisten a salir.

Así pues, el autor de la ponencia cree que si tuviera que resumir en un título el ámbito de este estudio, del documento y del Seminario, el más apropiado sería: PROPUESTA DE ALGUNAS PAUTAS PARA GUIAR LA ELABORACION , A MEDIADOS DE LOS OCHENTAS, DE LOS OBJETIVOS, METODOLOGIA Y PEDAGOGIA DE LA ENSEÑANZA DE LA INFORMATICA EN CUALQUIER SISTEMA EDUCATIVO.

El factor tiempo juega en todo esto un papel de primer orden y se tiene en cuenta, en lo posible, en la presente propuesta. Quiere decirse que algunas de las ideas que - se manejarán poseen una o varias de las siguientes caracte- rísticas: son nuevas, poco difundidas, no percibidas o per- cibidas erróneamente, de uso poco común, presentadas habi- tualmente en contextos diferentes, etc. Son todas razones - que sugieren la conveniencia de que los ojos y los cerebros se abran para debatirlas y perfeccionarlas y también convo- can el temor de que las diversas formas de inercia mental - retrasen su difusión o desvirtuen sus contenidos o su códi- go.

Esta última posibilidad nos devuelve otra vez al - factor tiempo. Antes se mencionó el concepto de 'retraso - del aprendizaje'. En el informe al Club de Roma "Aprendiza- je, horizonte sin límites", se define el retraso del apren- dizaje como *el tiempo que transcurre desde que se percibe - por primera vez la necesidad de un cambio hasta que se acep- ta dicha necesidad y se pone en práctica el cambio.* Asimis- mo puede leerse allí que, en algunos casos, el retraso al- canza treinta años o más.

Producan desasosiego evidencias históricas de esta naturalaza. Aún se refuerza el desasosiego cuando el cambio se refiere a fenómenos que están cambiando ellos mismos, co- mo es la informática. Si nos preguntamos ahora ¿qué hay que enseñar de informática a un niño de diez años?, tenemos que evitar por todos los medios responder echando mano de los - conceptos informáticos que hoy emplea todo el mundo.

Decía San Juan de la Cruz que "para llegar al punto que no conoces, debes tomar el camino que no conoces". Es - éste un pensamiento ad hoc, a condición de tomarlo como fi- losofía y no como coartada, ya que es bien cierto, aunque - resulte paradójico, que, no sólo no sabemos cómo será la in

formática dentro de unos años, sino que tampoco sabemos bien qué es la informática. Parece necesario indagar antes sobre esto último si se pretende aventurar una previsión sobre lo primero.

Una precisión final. Tras darle algunas vueltas al asunto, el autor del documento ha decidido utilizar la primera persona verbal en su redacción. Así quiere subrayar su autoría y su responsabilidad sobre muchas de las ideas que se vertirán en el documento. Piensa, además, que lo más lógico sería que en estos trabajos se expusiera siempre un breve extracto del historial del autor (emisor) a efectos de que el lector (receptor) contrastara, dispusiera o adaptara su aparato decodificador al mensaje que está recibiendo.

Y dada la dinámica de este tipo de eventos: documento-replicas-discusión en seminario-conclusiones, el lector que replica se convierte en emisor y ha de suministrar su historial referente al tema debatido. (Véase en anexo el historial del autor).

2. PARADIGMA DE COMPLEJIDAD

Vivimos en un mundo complejo. Esta frase, o cualquiera otra derivada, se oye todos los días y expresa una verdad rotunda, ante la cual parecemos sentirnos desarmados.

La complejidad, de la que se han hecho muchas definiciones, es, esquemáticamente, una suerte de característica -indefinible fuera de contexto-, que mediría el grado cultural o de avance tecnológico de una sociedad. Dicho con otras

palabras, la complejidad mediría, entre otras cosas, el nivel de sofisticación que requieren las "interfaces" que, para vivir, tienen que desarrollar los seres humanos en su relación con otros seres humanos, consigo mismo, con la naturaleza y con sus propios artefactos (artefacto es, en sentido general, tanto una máquina como una institución; y una interfaz es un "aparato" relacional).

Pretender mejorar nuestras cotas de bienestar sin un aumento de la complejidad es una utopía. Pero la complejidad tiene dos caras. Acompaña a las comodidades, multiplica las posibilidades de acción, enriquece el espíritu. También produce rutina, incertidumbre, frustración, violencia y hasta locura, margina a muchos seres humanos, desbarata las leyes económicas, perturba los equilibrios naturales, genera ruido, desorden, provoca movimientos de retorno a un ingenuo primitivismo, etc.

Es necesario romper con ese sentimiento? utópico - en el que con tanta facilidad se cae. La complejidad está ahí, es compañera de nuestros desarrollos, siendo producto y a la vez causa de la acción del hombre. De manera que éste tiene un reto ante sí: profundizar el concepto, la estructura y la arquitectura de la complejidad y difundir su metodología.

Creo que fue Bachelard quien dijo: "no existe lo simple, sólo lo simplificado". Estamos enseñados a emplear mecanismos mentales de corte analítico y reduccionista, que, cuando son insuficientes para abordar un determinado nivel de complejidad, nos hacen caer en simplificaciones abusivas y erróneas y hasta en simplismos. Y es que la frase anterior hay que interpretarla hoy a través de una metodología de la complejidad: las simplificaciones serán pertinentes si proceden de una real comprensión de la complejidad.

Precisamente, la informática puede verse, desde esta óptica de la complejidad, como un conjunto de técnicas potencialmente aptas para construir la instrumentación relacional antecitada (se utiliza la voz 'instrumentación' en el sentido más amplio que quepa). Una primera e importantísima consecuencia, sobre la que se redundará en capítulo posterior, es que la informática debería ser construída y usada dentro de una metodología amplia de la complejidad. No es éste el lugar oportuno para extenderse en ello, así que sólo se le deja apuntado al lector que investigue o reflexiones por su cuenta en el rastro de efectos negativos que va dejando la cara "oculta" de la complejidad informática.

De cualquier modo, la informática es un caso particular. Volvamos a la complejidad. La metodología de la complejidad es interdisciplinar (quizá sería mejor decir transdisciplinar) y abstracta. Constituye un campo actual de investigación, al que acaso no se le preste la debida atención. Se basa en parte en el enfoque sistémico y por consiguiente, es posible decir que contamos desde hace tiempo con elementos conceptuales y técnicos para abordar la complejidad. Quien desconozca del todo este campo, podría introducirse en él con la lectura del libro de J. Rosnay "El Macroscopio", que descubrí y traduje allá por el año 1976. Sus temas centrales son la energía, la información y el tiempo.

Puesto que estoy preconizando primordializar la metodología de la complejidad, me creo obligado a detenerme unos momentos para unas puntualizaciones acerca de los obstáculos que hay que sortear.

En primerísimo lugar, el mundo del conocimiento está organizado desde hace varios siglos, y de manera creciente en éste, por fragmentos. Afirmación que es válida hasta en lo que concierne al mundo físico, cuya visión actual como conjunto de objetos separados está en crisis. Así lo ha dicho el Profesor Toraldo de Francia este verano en la Universidad Menéndez Pelayo (Sitges): "tal concepción es consecuencia de una burda adaptación nuestra para poder vivir en un mundo macroscópico sustentado por una realidad microscópica".

No hay dos culturas, como dijo Snow, sino muchas - culturas y subculturas y subsubculturas. Como consecuencia, la educación está departamentalizada, lo que retransmite un conocimiento cubista, no ya distorsionado sino caótico. Una inercia tan descomunal constituye en verdad un obstáculo - enorme para un enfoque multidisciplinar, porque es una inercia organizativa, que se genera día a día en las mentes de todos nosotros. Todavía es casi una temeridad, o al menos - una aventura incierta, investigar una tesis inter o multidisciplinar y sobre quienes se han atrevido a transitar científicamente terrenos interfronterizos o de nadie, ha caído -- con frecuencia el anatema del establecimiento académico.

Si hablamos del enfoque sistémico, que es, podría - decirse, la manifestación varia de la filosofía, teoría y - técnicas de sistemas, habrá que reconocer que muchas veces ha sido objeto de una dispersión exagerada en sus planteamientos; otras veces, se ha caído en su banalización y, tantas otras, en una contradictoria superespecialización. Sobre lo último, es preciso subrayar cuántos sistemistas a la violeta, ignorantes absolutos de los mínimos perfiles del paradigma de complejidad, han causado un daño irreparable a - esta forma de pensamiento y de acción.

De otra parte, no es posible construir ninguna auténtica metodología de la complejidad sólo con el enfoque -

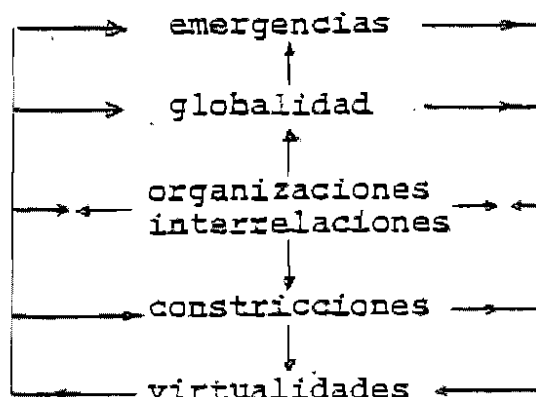
sistémico. Morin y otros pensadores nos han señalado cómo la noción de sistema es un paradigma de orden, y por tanto un paradigma incompleto. La teoría general de sistemas y la cibernética elaboran conceptos como organización, información, regulación, propiedades emergentes, etc. y olvidan o trivializan la desorganización, el ruido, la inestabilidad, las virtualidades.

Naturalmente, tal incompletitud se paga con ineficacia. El enfoque clásico de sistemas, que ha demostrado su utilidad ante tantos problemas, lleva en su propia esencia el embrión de su fracaso en medio de circunstancias de gran complejidad. Ya lo ha experimentado en todas aquellas situaciones en las que los elementos no se sujetan a un comportamiento sencillo y modelable: en economía, en sociología, en biología,....

En definitiva, si la metodología de la complejidad ha de seguir montándose básicamente sobre la noción de sistema, estoy con Morin (Morin, 1977) en que dicha noción tiene que fundamentarse sobre el siguiente esquema, que -- presenta dos caras:

EL SISTEMA ES MAS

+



-

Y MENOS QUE LA SUMA DE LAS PARTES

Resumiendo: desarrollarse, enséñese y aplíquese la metodología de la complejidad de manera a poder sofisticar las relaciones de los seres humanos (con otros seres humanos, con la naturaleza y con sus propios artefactos) en un modo que minimice el conjunto de los efectos "ocultos" de los sistemas. En este programa, como examinaremos más tarde, tendría la informática un papel que jugar.

Una y otra vez, en este estudio, confluiremos desde diversos ángulos, sobre el tema clave de la complejidad.

3. EDUCACION; APRENDIZAJE DE INNOVACION

Es indiscutible que la enseñanza de la informática ya ligada fuertemente a las necesidades económicas del instrumental técnico y administrativo de las sociedades industrializadas.

En los Estados Unidos de América -leo en la revista IEEE Spectrum de Junio de 1983- "el computador personal invade la educación superior". Según uno de los responsables del Stevens Institute of Technology de Hoboken, un ingeniero o científico profesional graduado en este Instituto debe ser fluido en el uso del computador. El presidente de la Universidad Carnegie Mellon cree que la mayoría de sus estudiantes, a lo largo de su vida profesional, tendrán que usar un computador personal. Para el director del departamento de ingeniería eléctrica y de computadores, de la Universidad de Drexel, familiarizar a los estudiantes de cualquier departamento con el uso de este tipo de computadores es una cuestión de competencia para el mercado de trabajo. Unos 21.000 estudiantes, que tendrán que adquirir

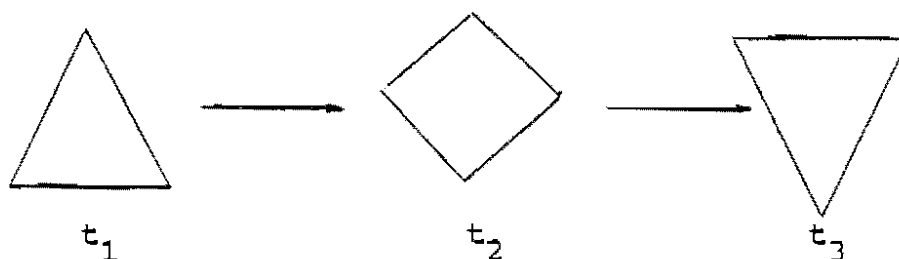
de su propio bolsillo computadores comerciales por un precio generalmente superior a los 1.000 dólares, se verán en muy breve plazo afectados por estos programas en los Centros Universitarios mencionados y en el Clarkson College of Technology y en la South Dakota School of Mines and Technology.

En una línea muy semejante, aunque más dramática, se expresaba un presentador de la TV americana durante un panel emitido el 7 de Abril en Chicago (véase News Supplement to IEEE Spectrum, Vol. 7, No 6, Junio 1983): "The world is turning to computers; I don't have a computer, my children won't be exposed to computers, and they won't be able to get a job when they grow up".

Se conoce bastante bien la teoría económica de la educación. Es admitido por todos que aumentar la proporción de recursos destinados a la educación tiene por efecto, años después, un cambio en el comportamiento económico y social de la comunidad, que, a su vez, estimula la demanda educativa. De hecho, el capital humano, constituido por las capacidades y conocimientos técnicos de las personas en disponibilidad de trabajar, es considerado como uno de los factores indispensables en el proceso de producción.

La decisión acerca del volumen de recursos y su asignación a los distintos sectores y niveles educativos configuran un problema político mayor. Los cambios tecnológicos que han alumbrado las sociedades industrializadas generan, entre otros, los siguientes impactos en el ámbito de la educación.

a) Con el desarrollo industrial, la estructura ocupacional tiende a evolucionar siguiendo esta secuencia de formas geométricas:



donde la parte superior representa la cantidad de personas con elevados niveles educativos y preparación profesional y la inferior, todo lo contrario. Cada vez un número más elevado de ciudadanos recorre un más dilatado ciclo de educación, que llega a alcanzar los veinte años continuados en su cota máxima, antes de entrar en el aparato productivo. Y el esfuerzo sigue posteriormente en acciones específicas más o menos puntuales. Correlativamente, los contenidos tecnológicos presionan para extenderse por todo el arco educativo.

b) El porcentaje del PNB destinado a la educación formal aumenta con el nivel de desarrollo, situándose para los países desarrollados entre un 5 y un 7% (5,2% promedio de 1967) y entre un 2 y un 4% (3,6) para los países en vías de desarrollo.

c) La pérdida de valor práctico (obsolescencia) de los conocimientos técnicos, sometidos a la infatigable erosión de los avances científicos y tecnológicos, crea una problemática peculiar, que se convierte en una presión sobre el sistema educativo.

Cada país se encuentra en un estado determinado y distinto del abanico que se acaba de dibujar. Los países no desarrollados o en vías de desarrollo, se esfuerzan en acelerar este proceso evolutivo afrontando sacrificios des

proporcionados para aumentar los recursos en circunstancias globalmente adversas: necesidad de recuperar retrasos de escolaridad en los niveles básicos, deuda exterior, presión demográfica, dependencia tecnológica, etc. Resulta frecuente la práctica de asignar cierta cantidad de recursos al desarrollo de niveles educativos superiores profesionales, lógicamente detrayéndolos a otras necesidades más básicas, con la idea de romper por ahí el círculo vicioso de la dificultad para entrar en el umbral catalítico del desarrollo. A falta de otras medidas complementarias, tal estrategia no ha producido siempre los frutos esperados y, por lo general, ha sido muy útil para abrirles mercados a los productos de países más desarrollados y hasta para dar salida a tecnologías allí obsoletas.

Desde un punto de vista algo más amplio que el meramente economicista, no todo son ventajas para los países más desarrollados. Los países menos desarrollados podrían sacar partido del estudio de los errores cometidos por aquéllos y ésta es una ventaja objetiva, que conduciría a obtener mejor provecho de los recursos invertidos. Por otro lado, nadie ha demostrado nunca que siempre el volumen de recursos destinado a educación guarde relación de causa a efecto con el nivel de desarrollo económico y mucho menos con la consecución de cotas sociales, de calidad de vida y de justicia. Bien podría ser, como ya se ha apuntado, que, sobrepasado otro cierto umbral, las cosas ocurrieran más decididamente en el sentido señalado en el capítulo sobre complejidad. Los países en vías de desarrollo tienen necesidad de elaborar una sabiduría del desarrollo, incluyendo el desarrollo de la educación.

Está, por ejemplo, el tema, -endiabladamente complicado desde cualquier punto de vista-, de definir las funciones, estructura, contenidos y metodología del sistema educativo de un país. La tensión por atender a la vez a los fines de transmisión de la cultura, de transmisión de destrezas, de transmisión de valores y de preparación para la vida activa de trabajo, cada país la resuelve de una manera, condicionado por su momento político, económico y social. La resultante es un conjunto, siempre insatisfactorio, de ramas con etapas y ciclos, orientaciones, interconexiones, por donde fluyen educativamente los ciudadanos camino de su inserción en el sistema social. A mi ingenuo entender, es en este diseño, que pudieramos llamar técnico, del sistema educativo, donde pueden ganarse puntos a lo que tradicionalmente es esperable de la pura proporcionalidad con los recursos económicos asignados.

El sistema social inicia siempre y recorre derroteros no previstos en el sistema educativo. Ya que en realidad el sistema educativo forma parte del sistema social, ésta es una manera impropia de hablar, con la que quiere significarse que las actividades de la sociedad desajustan su mismo aparato de transmisión educativa.

Una buena porción de dichas actividades, pero nunca la totalidad, está ligada al proceso de producción. Las actividades culturales, las actividades de vivir, que se desenvuelven entre las numerosas instituciones humanas, y las actividades de ocio ocupan su lugar y contribuyen al desfase permanente del sistema educativo.

Tener esta perspectiva en mente es obligado cuando se estudia la introducción de la enseñanza de la informática en el sistema educativo.

En muy pocos años, el computador ha penetrado en todos los sectores de actividad: en el comercio (control de inventarios, facturación, gestión del personal, control financiero...), en la industria (gestión de la producción, control de calidad, automatización, seguridad), en ciencia (investigación espacial, investigación química, genética, nuclear,...), en ingeniería, en economía (modelación predictiva, estudio de poblaciones, asignación de recursos, gestión de empresas...) en medicina (diagnóstico, monitorización, documentación, gestión hospitalaria...), en educación (instrucción asistida por computador, ayuda al cálculo, simulación de experimentos...), en arte (composición musical y pictórica, filmes animados, análisis de textos literarios,...), en ocio (juegos...), etc.

Samejante ubicuidad del computador en medio de la realidad vital de la tecnosfera transmite, por contraste, una sensación de vacío al iluminar su correlato en el sistema educativo, sensación tanto más desoladora en la medida en que se produzca en un país más industrializado.

Muchos consideran atroz ese desequilibrio. Conveniría preguntarse por otros desequilibrios. Siendo objetivos y al mismo tiempo relativistas, observaremos que en la mayor parte de las actividades mencionadas, la mayoría de los seres humanos intervienen como sujetos pasivos, a los que poco importa funcionalmente que allí haya o no haya un computador. Otras muchas situaciones requieren su concurso personal más activo y ponen de manifiesto la deficiencia generalizada de la población en conocimientos básicos sobre economía, sobre derecho, sobre medicina, etc. o en destrezas como expresión corporal, defensa personal, etc.

Si uno se hace estas consideraciones, tiene que comprender inmediatamente que la introducción de la enseñanza de la informática en los niveles educativos de primaria y secundaria ha de ser un asunto muy bien pensado, ya que no se justifica sólo por la universidad y vigor de sus aplicaciones.

Desde otra óptica, sobre la que volveré más adelante, el computador pone en acción facetas de la inteligencia que ejecutan tareas de razonamiento abstracto o formal, lo que, más que interesante, es muy importante. Pero, *así mismo, la vida de trabajo y la vida de ocio pueden estar llenas de actividades en las que son preferibles destrezas de tipo memorístico, verbal o psicomotriz: manejo de teclados, aparatos eléctricos, kits varios, máquinas herramientas, instalaciones mecánicas, representaciones teatrales, etc.*

Un sistema educativo no tiene capacidad para absorber todo lo que se le viene encima, por grandes que sean las presiones del sistema social. Porque, además, éste, pese a que, como decimos, viene alimentado por un sistema educativo al que coge delantera, está continuamente generando impulsos de cambio. Sólo en el terreno técnico y científico, el mundo avanzado produce incesantemente tecnologías de la energía, de la materia, de la información y de la vida.

Tamaño circunstancia le plantea a todo sistema educativo la necesidad de estar construido en torno a un objetivo fundamental: conducir a un aprendizaje innovador.

El informe al Club de Roma "Aprendizaje, horizonte sin límites" define el aprendizaje innovador como el instru

mento para salvar la distancia que media entre la creciente complejidad del mundo y nuestra capacidad para hacerle frente.

Ser anticipador y participativo son los rasgos principales del aprendizaje innovador y entre los elementos que sirven para transmitir cualquier tipo de aprendizaje: lenguajes, útiles, valores, relaciones humanas e imágenes, el informe resalta el énfasis que el aprendizaje innovador requiere en los tres últimos.

El deseo de anticipación ("y vivir al día, es morir/ al atardecer", dice un poema) no se materializa así como - así. Retomando el concepto de complejidad, lo que el informe desconoce es que ésta, calificada como causa de la necesidad (necesidad relativizable al nivel de desarrollo de cada sociedad, no lo olvidemos) del aprendizaje anticipador, está siendo ya objeto de estudio y por lógica debería devenir su eje motor.

Propongo que el aprendizaje de innovación sea embebido dentro de una metodología de la complejidad. Sé bien - que llevar tal cosa con carácter general a la realidad pueda ser un proyecto a largo o muy largo plazo. Tal vez la estrategia consista en empezar por algún lado, a condición de surcar los caminos de la sabiduría del desarrollo.

Veamos el asunto desde la informática. Axiomatícemos que la informática debe recrearse intelectualmente en la metodología de la complejidad. Es un buen principio. Ahora - queremos pasar a considerarla como objeto de aprendizaje - (enseñanza de la informática), pero también como instrumento general para el aprendizaje de innovación.

Contribuir a tales objetivos dentro de la sabiduría del desarrollo, nos impone a los especialistas en informática la disciplina de dejar por un tiempo de ser especialistas: refrenar nuestro entusiasmo y los entusiasmos exógenos, abandonar el argot y nuestra visión fragmentaria del mundo y encuadrarnos en un marco de intereses generales. Tarea difícil, a la que espero coadyuvar en las próximas páginas.

La tarea consiste en una reflexión sociotécnica sobre la informática (subrayo la palabra 'sociotécnica' porque creo que ya no es conveniente nunca jamás un enfoque puramente técnico de las técnicas). *¿Qué es lo esencial en la informática? ¿Cuál es su posición relativa dentro del conjunto de las tecnologías? ¿Cómo es su dinámica interna, - - quiero decir las fuerzas principales de su evolución? ¿Cuáles son sus relaciones con el contexto social, y no sólo con las actividades productivas?*

El próximo capítulo atenderá, aunque de una manera por muchas razones incompleta, a estas cuestiones.

4. REFLEXION SOCIOTEKNICA SOBRE LA INFORMATICA

4.1. SOBRE INFORMATICA Y TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION.

Técnicamente, la informática es sólo un elemento del conjunto de las tecnologías de la información. Las tecnologías de la información son sólo un elemento(aunque uno de los más modernos) del conjunto de las tecnologías creadas por el ser humano. Creo conveniente subrayar esta jerarquía, porque habitualmente es desconocida o tergiversada.

"Biológicamente" o, si se prefiere, antropocéntricamente, las mismas tecnologías pueden clasificarse en otro modo. La clasificación anterior responde a un criterio referido al tipo de cantidad relevante procesada: energía, materia, información, etc., aunque sepamos que, primariamente, todo sea energía. Una clasificación antropocéntrica mira a las tecnologías como saberes e instrumentos complementadores (mejor se diría potenciadores) de las capacidades del hombre: sus órganos ejecutivos o efectores, sus órganos receptores y su sistema nervioso. Entre las tecnologías de la información, la informática ocuparía el primer rango si establecemos provisionalmente un paralelo con las etapas evolutivas de la especie humana, contando con que su última y aún no bien controlada adquisición (*homo sapiens/homo demens*) es el cerebro racional.

En puridad, la analogía cerebro-computador no es nada convincente y sí burda por todos los costados. Cualquier neurofisiólogo, que conoce bien la complejidad del cerebro (no el cerebro), se echaría las manos a la cabeza, sobre todo después de profundizar en algunos pormenores estructurales y funcionales del computador, que son básicamente simples. Pese a ello, un computador adquiriera en su conjunto un notable grado de complejidad, claro está que ni por asomo parangonable con la del cerebro.

Bien, salvando todas las distancias, el computador representa una función amplificadora de la inteligencia humana. Le permite a ésta realizar cálculos y almacenar/recuperar datos con una velocidad y seguridad normalmente fuera de su alcance. Le permite manejar informaciones que no lleguen al umbral de sensibilidad de los sentidos. El computador, a cambio, exige un plan detallado y unas instrucciones completas para funcionar. Dicho con otras palabras, el computador amplifica un aspecto de la inteligencia, con la con

dición de que quien lo programa realice previamente un acto profundo de inteligencia.

Acabo de mencionar la condición esencial del computador con vistas a la educación general: el computador entrena la inteligencia, la desarrolla; y esto es independiente de que quien reciba dicho entrenamiento vaya a dedicarse posteriormente a la informática. Cuestión a tomar en cuenta para aquellas etapas de la educación general en que pueda encajar con el nivel de desarrollo psicológico del niño.

Tal es un punto de vista del computador como herramienta para el aprendizaje. Y es una opción clara, pero....

Aún cuando no se sepa a ciencia cierta en qué consiste ni cómo funciona, se ha demostrado una y mil veces que la inteligencia humana es un diamante con muchas facetas. El computador será herramienta indispensable para ayudar a tallar una de estas facetas, aquella que se ocupa a grandes líneas de resolver problemas lógicos. El resto de las facetas requiere distintas herramientas, unas procedentes de la tecnología moderna y otras, viejas de siglos. Tema para meditación: el computador no está solo como instrumento para el aprendizaje.

Socialmente, las tecnologías de la información producen un impacto muy variado. Desde un punto de vista económico e industrial, la informática ejerce una influencia creciente y muy bien percibida por núcleos relativamente reducidos. La gran mayoría de los intelectuales y, desde luego, el gran público son más sensibles sin embargo a otras tecnologías de la información. Basta citar como ejemplos la telefonía, la radio y la televisión, que afectan de manera mu--

cho más intensa las vidas de más personas en más países. Es decir, desde una óptica de percepción social, la informática no ocuparía hoy ninguno de los primeros puestos.

Si nos fijamos en la información propiamente dicha, estamos penetrando en un mundo apenas explorado. Los significados de la información abren campos interpretativos sujetos a parámetros innumerables. La informática es vehículo de una información significativamente plana y expresada en formatos y sustratos materiales ajenos a nuestros sentidos.

Hasta ahora, el hombre se mueve más por la información que llega a sus sentidos y por sus modos de interpretarla y vivirla.

A modo de resumen, creo que para situar correctamente la enseñanza de la informática habría que comenzar por valorarla desde diversos ángulos, abatiendo con ello ciertos reduccionismos presuntuosos.

Así, considerada la información en su realidad exclusivamente física, vemos que la informática no es la tecnología de la información, como, a menudo, se oye o se lee, sino una parte de las tecnologías de la información, que son parte de las tecnologías. La información ha devenido en una entidad compleja. Una manera de huir de abusivas simplificaciones, lo que es al tiempo una demanda al sistema educativo, es estudiar conjuntamente la información y su sistema de tecnologías. En un ensayo que he escrito hace unos meses, titulado "Las tecnologías de la tercera revolución de

la información" se contiene un modelo a escala muy reducida de lo que quiero decir.

Más: el instrumento básico de la informática, el computador, no es el amplificador de toda la inteligencia, sino sólo de una faceta, que es, tal vez, la faceta más valorada en la cultura occidental. Por tanto, su papel indudable como herramienta para el aprendizaje debe diseñarse en equilibrio con otras herramientas y procedimientos.

La informática, hasta ahora, ha producido menor impacto social que otras tecnologías. Semánticamente, vehicula una información pobre en relación con las múltiples diensiones de las actividades humanas. Sabemos que operativamente su impacto sobre la sociedad será brutal, aunque tal cosa sea percibida hoy con menor nitidez. El estudio global de la información y su sistema de tecnologías, propuesto arriba, ayuda a comprenderlo y anticiparlo. ¿Se llegará a una ciencia de la información?

4.2. SOBRE TAREAS BÁSICAS EN INFORMÁTICA.

Hoy por hoy, la vertiginosa evolución de las técnicas informáticas ha conseguido la proeza de exigir en un plazo de pocos años la implantación en la universidad de planes de estudio completos y exclusivos. Es de ver con qué andamiajes tan débiles y hasta con qué arbitrariedad de criterios construimos, quienes nos dedicamos a esa tarea, las enseñanzas de informática en la universidad. Somos víctimas de un proceso tecnológico desbordante.

¡Qué desaffo, en parecidas circunstancias, el encontrar núcleos (relativamente) invariantes y anticipadores para incluir en nuestros programas y más todavía en los troncos generales de la educación primaria o secundaria! De nue

vo, se ilumina la frase de San Juan de la Cruz. Personalmente, no veo otro camino que el de bucear algo en el pasado y proyectar algunas luces sobre el futuro que ya está trazado, el futuro muy próximo.

En mi ensayo sobre las Tecnologías de la Información relaciono la informática con el impulso humano de abstracción intelectual y de modelación. Cuando, hacia 1945, von Neumann y colaboradores diseñan el primer computador de programa almacenado, están rematando un cúmulo de esfuerzos de muchos pensadores e investigadores en lugares y tiempos diferentes. Siguiéndoles la pista durante los tres siglos anteriores, se llega a ciertas conclusiones.

El computador representa el cúlmén histórico de tres corrientes de desarrollo: las máquinas calculadoras, las máquinas estadísticas y las máquinas lógicas.

Genéticamente, el núcleo de la informática es matemático. Son matemáticos la mayoría de los personajes que han aportado ideas clave al conjunto de conceptos que han conducido al computador y a la teoría básica de la informática: Pascal, Leibniz (Europa, siglo XVII); Boole, Babbage (Inglaterra, siglo XIX); Shannon, von Neumann, Turing (USA, Inglaterra, décadas de los 30 y 40, siglo XX). Por comentar sólo algunas de las últimas aportaciones, Shannon demostró en su tesis (1937) que la matemática adecuada para el análisis de los circuitos de conmutación con relés era el álgebra matemática para (según Bertrand Russell), que Boole elaborara en sus "The laws of Thought" en 1854. Turing, gran lógico inglés, ideó un simplísimo computador abstracto, capaz de cualquier cálculo y concepto angular de la informática.

De la investigación de la materia ha surgido la electrónica. El computador, que no es sino la encarnación de unas abstracciones matemáticas, encuentra en la electrónica sustrato físico para sus partes más nobles y a raíz de la década de los 60 la microelectrónica impone su ley, generando un intenso torbellino evolutivo dentro de la informática.

En esquema, sería posible distinguir tres clases de facetas en la informática: una esencia matemática, "suelta de núcleo bastante independiente de su corporeización física o instrumental"; esta misma materialización y la aplicación a una problemática concreta. La primera faceta viene marcada aún por sus orígenes, la segunda, por las aportaciones de la física y de la ingeniería y la tercera, por el género de actividad en que se ejerce.

La segunda vertiente, que podríamos acaso denominar rama tecnológica-física de la informática, es dominante. Oculta a la primera y condiciona a la tercera. Los campos aplicativos de la informática se desarrollan en función de los progresos de la tecnología física y, al tiempo, se supeditan a ésta. Computadores, microcomputadores, periféricos, lenguajes, sistemas operativos, diverso software de comunicaciones y de bases de datos, industrias y mercados, etc. he ahí el resultado siempre cambiante de la faceta dominante.

Desafortunadamente, toda esa fuerza de evolución impide la estabilidad mínima que requiere un sistema educativo formal y estimula una oferta irregular de formación. De las tres facetas y no sólo de cada una de ellas ha de haber algo que captar para el terreno de la enseñanza, algo común y básico. Nos parece evidente que esas facetas re

presentan los tres grandes veneros que alimentan los ríos por donde discurre la informática: respectivamente, la rama fundamental de la informática, la rama instrumental y la rama aplicada (mil y una ramas; y cuando hablo de aplicación, me refiero al uso del instrumento para resolver un problema concreto).

Me atrevería a decir (contra lo que algunos piensan) que los aspectos fundamentales tienen o tienen que tener que ver tanto con la rama instrumental como con la rama de sus aplicaciones.

Lo que es común y es básico es el concepto de algoritmo. El diseño, análisis, expresión, ejecución y utilización de algoritmos constituye la actividad central en informática. Un algoritmo consiste en una secuencia de pasos para resolver un problema de computación. Aunque el concepto de algoritmo es muy antiguo y por tanto independiente de los computadores, hasta el punto de que las principales contribuciones matemáticas sobre computabilidad preceden incluso en unos años a la construcción del primer computador, ha adquirido carta de naturaleza con la difusión de estos instrumentos.

Analizando el tipo y el orden de las tareas que requiere el comercio con los algoritmos encontraremos, pues, las señales principales para acotar y organizar un área relativamente permanente de tráfico de la enseñanza informática (tanto en lo que concierne a *materia de aprendizaje* como a *instrumento para el aprendizaje*). Son éstas:

- a) Diseñar un algoritmo que describe la resolución del problema.

b) Expresar el algoritmo en forma de lista de instrucciones en un lenguaje conveniente de programación.

c) Ejecutar el programa en un computador.

Antes de mostrar cómo en este esquema de trabajo se juntan rasgos de las tres ramas, conviene sintetizar algunas observaciones.

En primer lugar, la tarea de diseñar un algoritmo es tarea intelectual por excelencia. Se apoya exclusiva-- mente en los recursos mentales y en un conocimiento pro-- fundo del problema. Los recursos mentales son lógica; mu-- chas veces intuición; técnicas generales, bastante bien - conocidas hoy, de construcción de algoritmos; y manejo - preciso de la propia lengua natural. Todos, como se ve, - aspectos que ofrecen materia clara de aprendizaje y que, por el momento, no implican necesidad alguna del computa-- dor. El conocimiento profundo del problema es una circuns-- tancia dotada de una dinámica dialéctica: al ser condi-- ción imprescindible para diseñar un algoritmo, esta tarea se convierte en herramienta para profundizar más en el co-- nocimiento del problema. Existen también técnicas genera-- les de resolución de problemas, cuyo interés crece con la dificultad o magnitud del problema.

El algoritmo puede expresarse por medio de la pro-- pia lengua natural estilizada por unas normas. Quiero sub-- rayar aquí cuánto valor conceden al dominio de la propia lengua, con sorpresa para muchos que no han reflexionado acerca de qué cosa sea la informática, científicos como - Dijkstra.

La tarea inmediata de trasladar la expresión del algoritmo en lengua natural a un lenguaje artificial es la tarea de programación aunque, a menudo, se ha convertido en una mera tarea de codificación. Normalmente, se usan lenguajes de alto nivel que, en otro tiempo, se decían universales (universales, porque, gracias a los compiladores, podían "relativamente" correr en máquinas de estructura diferente). El programador está obligado a conocer y utilizar correctamente la sintaxis y la semántica del lenguaje "elegido".

Desafortunada, aunque inevitablemente, la tarea de la que estamos hablando es más estrecha y rutinaria que la de diseñar el algoritmo, lo que no impide, desde luego, que pueda alcanzar serias dificultades. Por regla general, las dificultades se asocian a la inadecuación del lenguaje con respecto al problema. Por esa razón la elección de lenguaje es, en teoría, una decisión importante, pero que, en la práctica, queda resuelta por el fabricante del computador o por el simplificador método de no dar a elegir. Por ejemplo, tal microcomputador se presenta con un lenguaje ensamblador, con Basic y punto. Cuestión de mercado.

En lo que se refiere a los problemas, los lenguajes no son neutros, lo que quiere decir que los Fortran, Basic, Cobol, Lisp, PL/I, APL, Algol, Pascal, Modula, RPG, C, LOGO, etc. están, en mayor o menor medida, orientados a una clase más o menos amplia de problemas. Resulta casi malabarístico instruir en BASIC a un computador para manejar gráficos o listas de símbolos, o en Cobol para operar matrices de números reales. Se produce un efecto distorsionante, generador de dificultades meramente instrumentales, por el hecho de emplear una herramienta poco adecuada, que, en términos de lenguajes de programación, equivale a utilizar un lenguaje desprovisto de los operadores requeridos por las estruc-

turas de datos inherentes a la clase concreta de problema. Se crean hábitos y triquiñuelas (y también rechazos) que, sobre ser desaconsejables en un buen estilo de programación, el tiempo convierte implacablemente en innecesarios.

Una dificultad adicional reside en la natural inmadurez de muchos lenguajes de programación que, definidos - hace años y hoy muy extendidos, adolecen de deficiencias - que la teoría y las técnicas de programación han ido corrigiendo en diseños posteriores.

Termino el análisis de esta tarea resaltando algo cuya importancia el tiempo ha puesto de manifiesto: las estructuras de datos se correlacionan fuertemente con la clase de problema, por los objetos y operaciones que en el mismo se manejan. Tal clarificación ha venido de la mano - de los progresos de la programación y, a mi entender, convierten el estudio de las estructuras de datos en un tema más de las técnicas generales de construcción de algoritmos. Es decir, la elección de los constructos apropiados - de control es parte esencial del desarrollo de un algoritmo, pero que no puede separarse más de los datos que manipula el algoritmo.

Históricamente, el uso del computador ha ido evolucionando y dedicándose, a grosso modo, primero al cálculo, después también al *tratamiento de datos* (que los americanos llaman *data processing*) y por último, en forma amplia, a la *manipulación de símbolos*. Opino que debería enseñarse a diseñar algoritmos de varias clases, que convocan distintas estructuras generales de datos. Ante esto se erigirá, a buen seguro, la barrera práctica de las estructuras mentales e instrumentales, históricamente orientadas al cálculo.

La última tarea presenta dificultades de un tipo parecido a las de la anterior: Manejo de las interfaces hardware y software del computador; ajustes sintácticos del lenguaje a las posibilidades del compilador; operaciones de transformación o maquillaje del programa para adaptarlo a los recursos de hardware existentes (sobre todo, memoria) y a los requerimientos de presentación de resultados; etc. Por desgracia, los computadores distan aún mucho de adecuarse a un uso simple y distendido por la mente humana.

Resumiendo, la tarea básica de la actividad central en informática se lleva a cabo sin computador. Desde la perspectiva de la enseñanza es una constatación trascendental, muy rica en posibilidades, tanto más cuanto que conocemos cuáles son los componentes de esa tarea.

Sería algo así como el lenguaje básico de la informática. Resultaría paradójico hacer informática sin intervención del computador. No se puede. (Sólo en parte se puede. Mejor aún, se debe. De paso se contrarrestaría la funesta adicción a los terminales interactivos de computador que en la informática profesional sustituye demasiadas veces al esfuerzo de pensar). Tampoco puede enseñarse informática sin computador. El computador, a través más que nada de sus lenguajes, es la herramienta del aprendizaje, imprescindible para contrastar los diseños y estimular el aprendizaje. Hay que pagar un tributo debido a las dificultades que se han señalado, pero también hay que intentar minimizar su efecto. Corolario negativo, pertinente de difundir por lo habitual de su transgresión: jamás montar una formación básica de informática con un lenguaje de computador como médula.

En punto a los lenguajes y su aplicación educativa, hay que tener claras algunas ideas.

La primera es que su rigidez sintáctica obstaculiza y por tanto distrae esfuerzos para la finalidad principal. No quiero negar la virtud didáctica que a veces tienen las constricciones, ya que el trabajo real y la vida misma se presentan rodeados de constricciones, pero los lenguajes de computador tienden -se ha demostrado hasta la saciedad- a exagerar en este sentido, lo que, si siempre es negativo -también se ha demostrado-, en una situación educativa puede llegar a ser totalmente contraproducente.

En segundo lugar, la amplitud semántica del lenguaje se correlaciona positivamente con el número de posibilidades aplicativas y con el número de tipos y estructuras de datos. A mayor amplitud, mayor riqueza de lenguaje y mayor cantidad de sintaxis.

La consecuencia más neta, al menos desde un punto de vista de educación general, es que interesan lenguajes sencillos sintáctica y semánticamente, tanto más cuanto más reducida sea la edad de los aprendices. Complementariamente, el campo semántico del lenguaje debe ser el adecuado al tipo de objetos (conceptos, estructuras mentales) que corresponda al nivel educativo en que se quiera aplicar.

Por ilustrar con un ejemplo lo que se acaba de decir, examinemos un momento el lenguaje estos días de moda, el LOGO. Es un lenguaje muy sencillo sintácticamente y con campos semánticos orientados a niños: dibujos y listas de caracteres. De ahí su éxito, que se define en una palabra: adecuación. Libera suficientemente la mente de constriccio-

nes, produce imágenes, explora y opera con las estructuras mentales propias de una determinada fase de desarrollo psicológico (no en vano se articula sobre conocimientos bien asentados de psicología de la inteligencia), que, entre otras cosas, son imágenes. El conjunto constituye, más que un instrumento de enseñanza de la informática, un instrumento para entrenarse a la acción de pensar (con las limitaciones señaladas en otro capítulo) y una introducción in formal y práctica al diseño de algoritmos.

Decía que en el esquema de trabajo analizado se juntan rasgos de las ramas que he denominado fundamental, instrumental y aplicada, distinción que bien sé un tanto borrosa. Por la rama aplicada aparece el vínculo con tal o cual tipo de problema; en la rama instrumental se sumerge uno en cuanto que utiliza un lenguaje y ejecuta su programa en un computador real; y por la rama fundamental (que no necesariamente teórica) se está desde el instante en que se diseña un algoritmo con la finalidad de verlo computado por una máquina. Amén de que es posible entrar en profundidades, no ya sobre computabilidad, pero sí sobre complejidad algorítmica (comparación de algoritmos según tiempo de ejecución y ocupación de memoria).

Acabo de acotar, lo mejor que he podido dentro del esquematismo propio de un documento de esta naturaleza, el núcleo básico de formación en informática, que queda relativamente a salvo de los avances de la rama tecnológica-física. El caso de una formación más especializada es muy distinto, porque queda inevitablemente muy afectado por

esa vertiente tecnológica-física. Tampoco es descartable - que a medio plazo el núcleo básico se vea alterado. Daré - unas pinceladas muy rápidas, ya que entrar de lleno en el tema exigiría espacio y tecnicismos.

En el interior mismo de la informática instrumental han surgido tensiones muy fuertes, por las secuelas típicas de un desarrollo sin precedentes. Aquí, las tensiones de fondo difícilmente hacen crisis y se resuelven, obstaculizadas por una barrera de conservadurismo (paradójica en un campo de tecnología de punta): la gigantesca inercia del enorme - volumen económico directo y generado por la actividad informática. A título de ejemplo, voy a referirme a una de estas tensiones.

Durante muchos (?) años se han venido gestando y - alumbrando desajustes entre los conceptos de los lenguajes de alto nivel y las arquitecturas de los computadores. Se - ha dado en llamar *desfase semántico* al conjunto de estos de - sajustes, que, de consuno con otros factores, han contribui - do a echar leña al fuego de los problemas técnicos de la in - formática: elevados costes de desarrollo de software, infia - bilidad del software, ejecución ineficiente, tamaño excesi - vo de los programas, complejidad de compiladores y sistemas operativos, distorsiones de los lenguajes, etc.

Como causa del tal estado de cosas se culpa a la - opresión "ideológica" que el modelo de arquitectura de von Neumann ha venido ejerciendo todo el tiempo en los diseños de computadores.

Myers (G.J. Myers, *Advances in Computer Architectu* - *re* 2^a. ed., Wiley 1982) resume así las propiedades de una arquitectura tipo von Neumann:

1. Tiene una sola memoria para programas y datos, direccionable secuencialmente.
2. La memoria es lineal, unidimensional.
3. No hay distinción explícita entre instrucciones y datos.
4. Los datos no tienen significación intrínseca.

Por contraste, los lenguajes de alto nivel presentan aproximadamente estas características:

1. La memoria consiste en un conjunto de variables nominadas.
2. Los lenguajes manejan tipos de datos multidimensionales, como "arrays", estructuras, listas.
3. Distinguen tajantemente entre datos e instrucciones.
4. La significación de los datos les está asociada.

El análisis de tal divergencia de propiedades revela ciertas causas de los males que antes se han citado. Además, los diseñadores de los primeros lenguajes de alto nivel, generalmente los más usados en la actualidad, tampoco se han visto libres de la influencia del modelo de von Neumann y aunque paulatinamente se ha ido soltando amarras en esta cuestión, cualquier lenguaje en uso paga su tributo a ese modelo. En síntesis, una máquina von Neumann se estructura en una (o varias) unidad aritmética-lógica, una memoria y una unidad de control. En el lenguaje, la variable imita el dispositivo pasivo de memoria, la sentencia de asignación imita la unidad aritmética-lógica y la ejecución secuencial de instrucciones refleja la unidad de control. Dicha situación ha recibido el nombre de "cuello de botella de von Neumann" y a

través del lenguaje, que en todo caso es bastante independiente de la máquina, termina por atrapar la metodología - del programador que no se ve nunca libre de las limitaciones estructurales intrínsecas al modelo.

Esta situación se alivia en algunos de los últimos diseños: mejores lenguajes y arquitecturas más ajustadas - (no convencionales). Cambios profundos, que se abren paso con dificultades, dentro de la informática instrumental, - volteando presumiblemente en breve las técnicas y la enseñanza en los ámbitos especializados de la informática instrumental y de determinados sectores de la informática aplicada.

Sin embargo, la introducción plena del paralelismo y la abolición radical del modelo de von Neumann están en fase de estudio intensivo y elaborados muchos de sus principios teóricos. Sus consecuencias serán también radicales: nuevas arquitecturas, nuevos lenguajes, nueva programación. Por ahí pueden sobrevenir asimismo cambios en lo que hoy se nos antoja intocable: las técnicas generales de construcción de algoritmos, aunque la inercia enorme del cuerpo de la informática nos asegura un respiro temporal en este terreno.

4.3. SOBRE EL QUE HACE Y EL COMO LO HACE EN INFORMATICA.

Los artefactos que el ser humano ha creado se usan para hacer esto o aquello otro. Por lo general, de ellos - sólo nos interesa su función y sus instrucciones de manejo, si así vale decirlo, para obtener esa función. Desconocemos todo o casi todo de cómo están diseñados y contruídos, de cómo están estructuradas internamente otras funciones - más elementales. Los vemos como cajas negras. Simplemente, los usamos. Sólo esto es ya muchas veces bien complicado.

Extremando este razonamiento, llegaríamos a dividir los ciudadanos que tienen alguna relación con la informática en tres clases: los que hacen la informática (conocen *el cómo*) y los que usan la informática (se limitan *al qué*) o son sus sujetos pasivos. Especialistas y usuarios. Quien computa una exponencial con su calculadora de bolsillo u opera su cuenta corriente a través de un cajero automático emplea unos medios informáticos/cajas negras. Quien examina el recibo del teléfono que le ha enviado su banco, donde lo tiene domiciliado, ni siquiera tiene acceso personal activo a esta caja negra.

Se sabe que la tecnología informática es suficiente mente intrincada como para que la clasificación descrita refleje de manera siquiera lejana la realidad. Por ejemplo, - se necesitan muchas clases de especialistas, quienes, en lo referente a su trabajo, son usuarios de cajas negras preparadas por otros especialistas.

Pero, háganse todos los matices que se hagan, siempre habrá millones de situaciones en las que las personas - acceden como máximo a manejar el *qué hace*. Cabe preguntarse entonces *qué sentido tendría generalizar la enseñanza del diseño, construcción y programación de algoritmos en la educación secundaria*, por ejemplo. ¿Para qué demonio necesitaría un ciudadano aprender a diseñar algoritmos si se los va a encontrar hechos y con unas sencillas manipulaciones será capaz de ejecutar algoritmos mil veces más complicados que los que podría desarrollar o aprender en sus estudios secundarios?.

Si la respuesta es: para nada, justificaríamos un - paso más hacia lo que G. Friedmann llamó la *civilización del conductor*, en la que "la gente no hace sino repetir determi-

nadas pautas y formas de conducta, sin tener la menor idea de los motivos, leyes y fines que subyacen en ellas".

Pero, si queremos hacer algo para evitar dicho paso, debemos pensar que, en una actividad tan generalizada como ya va siendo la informática, es preciso que la gente común tenga un conocimiento mínimo, aunque básico y global, del cómo lo hace la informática. En este supuesto queda, - desde luego, incluido el diseño, construcción y programación de algoritmos y no hay que olvidar incluir nociones - de estructura, funcionamiento físico y lógico de los computadores y de los algoritmos que posibilitan la traducción y la ejecución de los algoritmos escritos en lenguaje de - alto nivel.

4.4. SOBRE INFORMATICA Y COMPLEJIDAD.

Nadie duda de que la informática se cuenta entre - los mayores avances tecnológicos de la humanidad. Por eso, coherente con lo expuesto en el capítulo titulado "Paradigma de complejidad", he de retomar ya más concretamente el tema de la complejidad.

Es mi convencimiento que: Todo país desarrollado - necesita la informática como aparato para manejar la complejidad que exige el desarrollo y que resulta del desarrollo, por razones de competencia y de supervivencia. Ahora bien, la informática, en tanto que componente muy tecnológico, aporta complejidad, su complejidad! El problema está en si el saldo general de complejidad en la operación es - satisfactorio en relación con el incremento del desarrollo y si es posible (y cómo) influir sobre dicho saldo.

Tenemos doble motivo, pues, para considerar la complejidad: la complejidad de la informática y la informática dentro de la complejidad general. El discurso, del que

daré una brevísima idea, ha de moverse en numerosos planos. Convoquemos de nuevo al argumento de incompletitud técnica de la informática, desde una perspectiva de referencia biológica a las capacidades físicas e intelectuales del ser humano. Súmese a lo anterior un argumento de incompletitud ética, si no somos capaces de emplearla integrándole valores. A fin de cuentas, la informática se basa en informaciones digitalizadas procesadas binariamente, en la precisión de los datos y en la lógica implacable de algoritmos expresados en un lenguaje artificial rígido y escueto, rasgos todos muy discordantes con el desbordamiento de los tipos de informaciones, con la multiplicidad de significados y de valores, con la borrosidad y contradicción intrínsecas del ser humano y de la organización social. Obviamente, valoraciones de la informática en una dimensión de productivismo económico puntual, como tantas veces se hace, o en una dimensión puramente científica no son extrapolables al conjunto del fenómeno informático.

El tema está inmaduro, porque la atención que se le pueda estar dedicando es minoritaria y temáticamente restringida. Recuerdo ahora al sistemista J. Melèse quien, en su libro "Approches Systémiques des Organisations (Vers l'entrapise à complexité humaine)", escribe un primer capítulo magistral, que deberían leer todos los especialistas en informática para las organizaciones. Ahí, Melese despliega una sabiduría de muchos años de reflexión y de práctica en torno a la informática dentro de la complejidad de las empresas. Creo que es preciso llegar más lejos y plantear el tema con mayor generalidad.

Personalmente, llevo algún tiempo reflexionando sobre el asunto e intentando, como es lógico, conectar la re-

flexión con la acción. Citaré algunas de mis últimas aportaciones como prueba de que lo que estoy diciendo no son lucubraciones y como argucia honesta para poner peso en mis argumentos.

Entre otras cosas, he propuesto un modelo conceptual de complejidad para el proceso de desarrollo de software de gran formato, en una comunicación que estará ahora en manos del Comité de Programa de la Séptima Conferencia Internacional de Ingeniería del Software (Florida, U.S.A., 1984). Desconozco la suerte que pueda correr esa comunicación, titulada "Some Framework Ideas for Software Engineering Education". Si menciono este detalle, es porque, si me cabe alguna duda acerca de su eventual aceptación, la baso en que la informática del país más informático del mundo es muy "mecanocéntrica" y, por lo que sé, totalmente insensible, técnicamente hablando, a este problema de la complejidad. Me interesa ir aireando matices semejantes, porque veremos más adelante, cuando analicemos condiciones de entorno, que las actividades informáticas de países o culturas diferentes son (o pueden ser) diferentes.

También estoy aplicando técnicas de reducción de complejidad a la organización sistemática de la enseñanza de los tipos y estructuras de datos en el centro universitario superior donde imparto docencia. Es porque me preocupa descubrir lo que realmente hay que enseñar y cómo hay que enseñarlo. En el prólogo de un libro sobre computadores que tenemos de texto en dicho centro, he escrito: "Me pregunto si los fundamentos de los computadores serán los mismos dentro de 10 años. Creo que una parte permanecerá, aunque pienso que, sobre todo, el conjunto se ordenará de otra manera, tomará otro aspecto, tanto en su enfoque estructural como en su enfoque funcional. A mi modo de ver, la complejidad de los sistemas, con todos sus fenómenos conexos (abstracción, virtualidad, concurrencia, indeterminismo, infiability-

dad, protocolización, jerarquización y ocultación) constituirá, constituye ya, un desafío. En tales circunstancias, de ven drá más esencial localizar, buceando en el seno de la complejidad, aquello que posea de nuevo una razonable permanencia".

La noción de complejidad, con sus propiedades de con currencia, complementariedad y antagonismo, me ha guiado para sentar las bases muy precisas del sistema de formación de la primera empresa nacional de servicios de informática y telemática. Una parte muy esquematizada de ese trabajo está recogida en las actas de la Conferencia IFAC/IFIP sobre Training for Tomorrow, ya citada, con el título de "Training Organization of a Middle-Size Company Engaged in Information Technology Services: Theory and Practice"; el resto y detalles argumentales y operativos, en documentos internos de la empresa.

Hay otros trabajos míos o de colaboradores, que han surgido como fruto de mi interés por ver reunidos en la práctica el enfoque sistémico y la informática, en la actualidad bastante divorciados. Voy a resumir a continuación las ideas que sobre complejidad e informática he presentado en el Décimo Congreso Internacional de Cibernética, con el título "Facing Informatics Via Three Level Complexity Views" y que cla sifican en tres niveles la valoración y estudio de la informática a través de la complejidad.

En primer lugar, hay una clase de complejidad que todo el mundo percibe: la complejidad de un objeto concreto y aislado, ubicado normalmente dentro de una de las parcelas universalmente reconocidas por la comunidad científica y técnica. Ahí entran la complejidad algorítmica, la complejidad de circuitos o la complejidad del software.

Un segundo nivel emerge en cuanto que la informática y todas las tecnologías de la información se manifiestan siempre por medio de grupos de elementos interconectados. Un sistema operativo es un conjunto de programas. Un sistema de información es un conjunto formado por un conjunto de elementos hardware, un conjunto de elementos software y un conjunto de personas. Y así un largo etcétera, - que convoca la urgencia de elaborar y aplicar un nivel metodológico de complejidad sistémica, tendente a incluir en su campo los elementos y sistemas de todas las tecnologías de información.

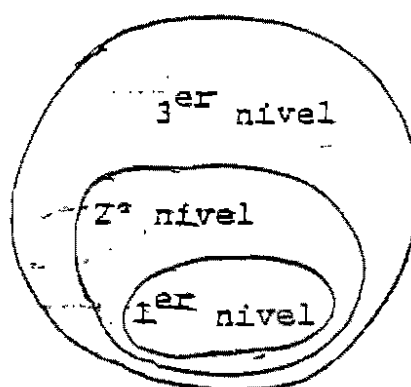
Desafortunadamente, hay que señalar un obstáculo grave a ese objetivo y es que la práctica de la informática se ha ramificado en campos muy especializados cada día más aislados entre sí. Por nuestra parte, hemos intentado incoar un proceso de formulación de este segundo nivel, - contribuyendo a ello con un modelo de observación de los sistemas complejos basado en las nociones de cuasidescomponibilidad y jerarquía multinivel, modelo ya publicado en congreso y que incluye al observador. El observador puede pertenecer a una de estas dos clases, la clase de los diseñadores o la clase de los usuarios. Por su parte, los diseñadores afrontan la complejidad en sus diseños y adoptan decisiones al respecto. En sus manos reside también la capacidad de tomar en cuenta al observador-usuario y el poder de codificar el sistema para mantener bajo control la complejidad de su uso.

Tampoco el segundo nivel de complejidad es suficiente en cuanto que los sistemas anteriores devienen elementos de un sistema antropológico. Ahí, la (supuesta) complejidad organizada de los artefactos se hermana en un nuevo ser con la complejidad desorganizada.

Surgen el desorden, la inadaptación, que ya han sido mencionados en varios lugares de este escrito. Toma el desorden muchas formas, algunas provenientes de no haber aplicado una metodología de complejidad (inexistente hoy) de segundo nivel entre una multiplicidad de diseñadores y agravadas por una multiplicidad de usuarios: desajustes de los lenguajes y las arquitecturas (ya citados); configuraciones incorrectas o desequilibradas; diseños inconsistentes; fallos electrónicos y mecánicos; infiabilidad del software (ya citada); incompatibilidades entre materiales, códigos, lenguajes, protocolos,...; delitos; etc.

Pero un tercer nivel de complejidad tiene su raíz en causas más profundas y requiere una mentalidad interdisciplinar aceptadora del conflicto como ingrediente consustancial en la naturaleza y en la vida del hombre. El desorden está presente en la materia, en la vida y en la esfera antropológica. También, el orden. Caminan juntos, dialécticamente, dinámicamente juntos. No tiene nada de extraño que en los sistemas antropotécnicos, en donde interconectan esferas tan dispares, los desequilibrios se manifiesten con tanta fuerza.

Así, me
tres niveles de
tituyen, en ver
dad cada día
dentro de la ac
ca.



parece que los
complejidad cons
dad, una necesi--
más inaplazable,
tividad informáti

4.5. SOBRE HISTORIA E IMPACTOS SOCIALES

Se señalado ya como la práctica de la informática acaba cayendo en el típico sumidero de los conocimientos humanos: la fragmentación, que, en su caso, en connivencia

con otros factores, le imbuje un sentido de altivez. Las consecuencias pueden ser importantes, desde el momento en que una herramienta trascendental tiende a quedar en manos de analfabetos tanto en la dimensión de pura técnica informática como en la cultural y social, animados además de una mentalidad altanera y de un poder tal vez circunstancial. Es un ejemplode barbaria técnica, prefigurada hace muchos años por el pensador español Ortega y Gasset. Los profesionales informáticos están siendo formados en la actualidad en una tecnología de punta muy dura y difícil con una visión netamente simplista.

Ciertamente, la práctica se alimenta de diversos ingredientes y uno de ellos, en mi opinión más condicionante de lo que suele admitirse, es el educativo. El campo educativo actual en el dominio específico de la informática es un vivo reflejo de la situación que acaba de describirse. Me refiero, en primer lugar, a la parcelación del saber, que aquí también ha penetrado con toda su fuerza en forma de áreas didácticas mal intercomunicadas, para cuya constatación remito al lector interesado a planes de estudios y currícula (véanse especialmente, por su influencia, los currícula propuestos en el seno de instituciones tan universalmente prestigiosas como la A.C.M. y el I.E.E.E.).

Sin embargo, hay dos parcelas cuya característica más notable reside seguramente en la imposibilidad casi absoluta de ser localizadas en dichos planes y currícula: la historia de la informática y sus impactos sociales. Si sitúo juntos estos dos aspectos es porque creo que en el primero puede encontrarse la clave para abordar el segundo.

Cuando hablo de historia, no me refiero a la que podía leerse hace unos años en la primera página de los libros sobre computadores; y cuando hablo de impactos sociales no pienso para nada en sosas y yuxtapuestas descripciones del bien o del mal que causan los computadores en este o aquel sector de actividad.

La huella histórica, tan reciente, ha sido borrada. Pocos son los que conocen los conceptos que están en la génesis de la informática. Muchos de aquellos conceptos siguen vivos y aún aquellos que han sido superados suministran con gran frecuencia a través de su estudio una valoración de la informática actual. Si se concentrase el estudio en las décadas de los 30 y 40, pongamos por ejemplo, resaltaría el carácter universal e interdisciplinar de los esfuerzos científicos de entonces. Los computadores no son sólo una consecuencia apoteósica de la matemática, la física y la ingeniería, una materialización del pensamiento cartesiano, son también el producto de un momento de encrucijada en el que surgen la cibernética y la teoría general de sistemas como formas de un nuevo paradigma científico.

Algunos de los padres modernos de la informática, como Turing, von Neumann, Shannon, etc. nos han dejado una herencia intelectual, que estamos, en cierto modo, traicionando, pues de ella recogemos casi sólo aquello que posea un contenido específico y utilitario. En otras palabras, - estos autores son estudiados (?) unidimensionalmente en informática, pese a que en ellos está, entre otras cosas, - parte del embrión de la metodología de la complejidad. - - ¿Quién, que haya frecuentado la obra de von Neumann, podría dudar de que él habría sido el primero en abandonar - su propio modelo de computador?.

Los impactos sociales de la informática requieren un método multi-, inter-, transdisciplinar, o sea complejo,

en el que, para empezar, no puede considerarse solamente la tecnología informática (como se ha repetido y repetido) y - que hay que configurar como instrumento activo de generación de valores.

Frente a esta necesidad, la teoría y la práctica de la informática parecen ir en sentido contrario, sentido que alumbra todo lo más una visión de complejidad de primer nivel, dando con ello la espalda incluso a sus mismos antecedentes históricos inmediatos.

Todas las consideraciones expuestas en este apartado afectan de modo prioritario a los niveles educativos de donde egresan los profesionales de la informática, quienes, al devenir sus agentes difusores, deberían ser formados para unir a sus conocimientos y destrezas técnicas o científicas grados diversos de comprensión histórica, ética y social de aquello que difunden.

5. UNA CUESTION DE ENTORNO: LAS SUBCULTURAS INFORMATICAS.

A primera vista, parecería que la Informática, como la Física o la Arqueología, posee un carácter universal y - que ha de ser estrictamente idéntica en Sri Lanka que en Alemania. Es verdad que la máquina de Turing, el lenguaje LOGO o la estructura von Neumann de los computadores, por - citar sólo temas tratados aquí, son los mismos dondequiera, salvo diferencias triviales de presentación.

Ahora bien, la informática es un fenómeno científico, técnico, económico, antropológico, etc., por lo que su

multiplicidad de dimensiones, que lo introduce de pleno en la complejidad, lo convierte también en un sistema cultural. Esto nos interesa, por cuanto que las diferencias de implantación del sistema cultural informático por países o comunidades sí pueden proporcionar pistas para el sistema educativo.

Mi aportación a este asunto se concreta en un modelo que, en un estado todavía embrionario, presenté por primera vez con motivo de una mesa redonda sobre Enseñanza de la Informática, en el Centro de Cálculo de la Universidad Complutense de Madrid, el 15 de abril de 1976. Referencias posteriores indirectas lo han ampliado, aplicado y publicitado (insuficientemente), y existe un artículo pendiente de publicación con el título "Are There Five Informatics - Subcultures?", del que voy a extraer los párrafos suficientes para hacerlo comprensible.

Según esta teoría, basada en observaciones durante quince años de variada vida profesional, el sistema cultural informático consta de cinco subsistemas, territorios o subculturas.

Todo el mundo sabe que el tipo de cuestiones técnicas que absorben la atención de un profesor del Departamento de Informática de la universidad tiene muy poco parecido, si es que tiene alguno, con las que preocupan al director de Proceso de Datos de un banco o de una empresa de fabricación de automóviles. También es obvio que lo que hay bajo la cubierta del Communications of the A.C.M. se asemeja como un huevo a una castaña con lo que uno se encuentra hojeando la revista Datamation, por ejemplo.

Dichas así, estas son observaciones triviales. Parecen traducir, sin más, las diferencias que separan distintas actividades profesionales y sus órganos de comunicación. No es así. Profundizando, se aprecian elementos sustantivos en dichas diferencias y, lo que es importante, se percibe que tienden a agruparse en racimos distintos, como si compusieran un sistema cuasidescomponible, ya que se ha mencionado este concepto. Por supuesto, tal apreciación no es contradictoria sino complementaria con otra apreciación anterior, referida a la parcelación de saberes. Es decir, un investigador sobre semántica de lenguajes concurrentes y un investigador sobre arquitecturas de bases de datos - forman una pareja perfectamente incomunicada; un programador de sistemas en una instalación grande y un analista - de la misma empresa viven un divorcio técnico totalmente asumido. Sin embargo, cada pareja forma parte del mismo racimo, si enfocamos la cosa desde un prisma sociocultural, ya que su incomunicación se produce dentro de un submundo de valores y comportamientos compartidos.

Por mi parte, veo cinco racimos. Son cinco subculturas, que generan sublenguajes y comportamientos diversos y peculiares, con canales específicos de comunicación y formación; cinco territorios con conflictos de poderes y sus habitantes típicos.

Antes de describir los rasgos generales de esas subculturas y de examinar someramente algunas consecuencias, debe subrayarse lo siguiente: ellas se interconectan e incluso se solapan (es decir, sus límites son borrosos) y se desarrollan de manera cuantitativamente diferente en cada país. ¡Precisamente, su cuantificación, tanto en términos absolutos como en términos relativos, le daría al concepto su importancia política, significando una medida del comportamiento global de la informática del país considerado!

He aquí los nombres de las cinco subculturas: a) Informática-ciencia; b) Informática-industria; c) Informática-negocio; d) Informática-uso; e) Informática-mito.

Quien vive la informática como *informática-ciencia* se aproxima a ella como un objeto científico, buscando lo que en él hay de fundamental, de saber, de verdad. Ese es el criterio principal, que luego se desgrana en una gama de temas y problemas. Es como una tensión que organiza, impulsa y guía su actividad. Y puede afectarle lo mismo al modesto programador del centro de cálculo de una compañía de seguros que al doctorando que pelea con su tesis sobre lógica temporal y no necesaria o solamente a este último, aunque esto sea un hecho más frecuente.

La *informática-industria* establece como valor supremo la producción: máquinas, servicios, software... Esto segrega unas técnicas, unas metodologías y como aparato de intercambio sus revistas, sus congresos, sus grupos de presión, diversos según el objeto o conjunto de objetos producidos.

Puede parecer extraño formar un grupo aparte con la *informática-negocio*, que aparentemente va indisolublemente unida a la informática-industria. En la informática-negocio las líneas se orientan por patrones monetarios. Es obvio que el negocio de la informática consiste en - - abrir y ampliar mercados a los productos de la industria informática. Pero realmente es posible que exista negocio de informática sin verse acompañado localmente de industria y no es un caso particular, sino que es algo que - - acontece en muchos países. Por tanto, es lícito separar - - ambas subculturas ya que, en términos generales, éstas son

generadas por los entes sociales de la industria y del negocio, respectivamente

En la *informática-uso* militan todos aquellos que se sirven de la informática como instrumento para resolver sus problemas: aquí no interesa si el FORTRAN es más o menos elegante que el PASCAL, sino cual es más simple y eficaz para tal aplicación. No interesa saber si el computador está dotado con memoria cache, circuitos bipolares y sistema operativo jerarquizado, sino tan solo si puede sostener a 50 usuarios conectados simultáneamente, con un tiempo de respuesta inferior a una determinada cantidad. Se usa el computador para algo y este algo es lo que configura los valores superiores de la escala.

La mayoría de los ciudadanos cultos no informáticos andan por la subcultura que yo llamo *informática-mito*. Tienen una idea de la informática construida a través de la prensa, las novelas, algunas películas, la televisión, las obras de ciencia-ficción. El computador, ese cerebro electrónico, es capaz de las cosas más increíbles para bien o para mal de la humanidad, ya que existen estas dos grandes versiones. Naturalmente, y salvo excepciones, esta subcultura es creada y difundida activamente por algunos ciudadanos que son periodistas, novelistas, directores y guionistas de cine y de TV, autores de ciencia ficción y ensayistas de las ciencias sociales, que se ocupan habitual o circunstancialmente de estos temas. La informática y su factotum, el computador, adquieren la categoría de mitos que planean sobre la vida de todos.

Necesitaría muchas páginas y bastante tiempo para explicar y demostrar que estas cinco categorías que estoy distinguiendo se corresponden en principio con las representaciones mentales y percepciones que individuos y entes sociales se hacen de la informática y que, por consiguien-

te, no tienen por qué coincidir con las clasificaciones oficiales. Las clasificaciones oficiales no recogen matices sociotécnicos y, a mi entender, sólo reconocen explícitamente dos categorías: la ciencia de la informática, situada en la universidad y en los centros de investigación públicos y - privados, y la industria informática, periódicamente evaluada por las instituciones financieras, propia de las casas - constructoras de material DP y de las sociedades de servicio; esta última subsume el conjunto formado por sus clientes de hardware, software y servicios.

Entiendo que la taxonomía descrita representa -mejor dicho, pueda representar- un modelo descriptivo y también normativo en cuanto al estado de la informática de un país o comunidad. ¿Por qué?

Imaginemos simplistamente que el conjunto observable de la actividad informática pueda modelarse por cinco vectores de fuerza, cuyos ejes tienen direcciones distintas, en cuya punta de flecha se inscriben los nombres "saber", "producto", "dinero", "empleo instrumental" y "mito". La resultante de los vectores dependería de las intensidades de cada uno de ellos y podría teóricamente oscilar desde la mayor neutralidad hasta la predominancia absorbente de una de las fuerzas. Otra forma de verlo es como un sistema constituido por 5 subsistemas, interconectadas las salidas de unos con las entradas de otros. Los flujos y los intercambios son muy variados, por lo que también es lícito imaginarse el conjunto de la informática como un campo en donde se entrecruzan e interpenetran cinco flujos de representaciones. El saldo en cada punto emerge como una jerarquización más o menos compleja de los subsistemas, de las representaciones, de las subculturas, de las fuerzas,

de los comportamientos. El sistema es dinámico, variable - en el espacio y en el tiempo, y constituye la cultura informática dentro de estas coordenadas.

Es indudable que históricamente, abstracción hecha del espacio, desempeñan un papel más activo las tres primeras subculturas; en los primeros tiempos la informática-ciencia, después la informática-industria, y ahora la informática-negocio, han ido ocupando el primer puesto en la escala de influencias. En muy buena parte, las dos subculturas restantes han ido siendo creadas por las anteriores. También esto forma la historia, a la que antes se aludía.

La importancia de este hecho radica en que la informática-uso y la informática-mito son las subculturas de un número de individuos y de entes sociales inconmensurablemente superior a las otras que, sin embargo, las colonizan intelectualmente desde un punto de vista histórico. Dicho con otras palabras, sus ideas, sus métodos, sus creencias, su lenguaje, sus preferencias, les son sugeridas, enseñadas, impuestas. Las decisiones políticas que afectan a, o son afectadas por, la informática se adoptan por gentes cuya subcultura informática anda habitualmente por los lugares más bajos de la jerarquía que configura en cada momento la cultura general informática de un país. Un tema - que merece reflexión.

Otro tema es que el sistema cultural informático, siendo morfológicamente el mismo (presuntamente) con independencia del país, depende funcionalmente (y difiere entre países) de las circunstancias técnicas, económicas y culturales de cada país. Para ilustrarlo con un ejemplo, - que servirá complementariamente para que el lector aprenda

a aplicarlo a otros casos, tomemos los que mejor conozco: España y U.S.A.

En mi opinión, la cultura informática real global de España se compone de dosis muy importantes de informática-negocio e informática-mito, una dosis media de informática-uso y dosis irrisorias de informática-ciencia e informática-industria. Ese sistema es reproductor y por ello produce forzosamente inflación instrumental, ineficacia operativa y dependencia intelectual. Diagnóstico: muy mala salud, pese a las apariencias. Los términos educativos tienden a mimetizar acríticamente sistemas foráneos, pongamos el sistema estadounidense. Las decisiones más arriba aludidas carecen del beneficio contraponderante de las subculturas -ciencia e -industria. Entiendo que se escoran del viento que sopla fuerte desde la subcultura de informática-negocio, que no es lo mismo, repito, que el negocio de la informática. En el lapso en que redacto estas líneas, leo cosas "extrañas" en el periódico YA de Madrid de 27 de agosto de 1983, que me entregan en el avión de vuelta a Madrid desde el Congreso de Cibernética. Sin entrar a juzgar otros contenidos, entresaco las siguientes frases: "el alumno se acarcará al <<mundo>> de los ordenadores", "el ordenador, siempre delante", "para que el acceso al ordenador sea real y eficaz, el número de alumnos por grupo en esta asignatura se recomienda que sea de 24", "la enseñanza de esta asignatura será personalizada, lo que quiere decir que debe fomentar no sólo capacidades específicas, sino todas las que integren la personalidad del individuo".

El artículo del periódico se refiere a una próxima reforma de las enseñanzas medias, he ahí lo preocupante. Su contraste con este modesto escrito es abismal, con la ventaja fáctica de su lado, ya que sus palabras parecen traducir decisiones y hechos y aquí vertemos opinio--

nes. Decimos que estas opiniones hay que someterlas a estudio y discusión y subrayamos que se trata de una pista para iniciar un camino que no conocemos para llegar a un punto que no conocemos. En el artículo se nos asegura que el ordenador (computador) va primero (nosotros, que después) y que el computador puede desarrollar toda la personalidad del individuo (nosotros, que una parte de las destrezas intelectuales). Y así, todo el artículo. Aquí se ha dejado escrito que en el año de gracia de 1983, no sabemos bien qué es la informática, pero el artículo garantiza que alguien (?) puede ser capaz de demostrar que se precisa un computador por cada 24 alumnos. Tal parece como si los razonamientos subyacentes en las comentadas decisiones estuvieran motorizadas por el mismo espíritu que guía los planes U.S.A. citados al principio del capítulo tercero.

La informática estadounidense exhibe una cultura dominada por la informática-industria, pero muy equilibrada por las demás. La informática-ciencia gira siempre en torno al computador (obsérvese que la denominación americana cuasiequivalente de informática es computer science) y, por eso, la cultura informática es mecanocéntrica. Otros valores de la cultura general del país impregnan la cultura informática: competitividad, optimismo, mecanicismo y ausencia del sentido completo de complejidad. Dentro del campo de la informática los veo como defectos, incluso para los U.S.A., país al que hay que respetar como primera potencia informática, por otro lado.

En tales circunstancias, se podría concluir que una copia cruda del sistema americano no es sólo una estupidez, es un riesgo (que se está cometiendo). España, y países menos desarrollados, con mayor razón no puede tener una subcultura de informática-industria. Le falta casi todo lo necesario para ello, empezando por la mínima tradi

ción científica y técnica en las disciplinas correspondientes. Sí podría, en cambio, vertebrar su cultura informática alrededor del eje de informática-uso, cuidando estos tres - parámetros: antropocentrismo, tecnologías de la información y complejidad. Lógicamente, la informática-ciencia, siempre imprescindible, se alinearía con ese eje. Sería una informática-uso/ciencia. ¿Hará falta señalar que la subcultura de informática-uso/ciencia debería integrarse y enriquecerse - en lo posible con los valores culturales propios?. Todo esto es mera técnica dentro de la "sabiduría del desarrollo".

No deja de rondarme la cabeza la idea de que un ámbito lingüístico que produce obras como El Aleph, Pedro Páramo o Cien Años de Soledad, cruzadas por un sentido complejo del espacio, del tiempo, de la información, de la vida y de lo real, sea un ámbito muy capaz de insertar la informática en la complejidad.

Personalmente, considero este modelo como un instrumento de política informática.

6. A MODO DE SÍNTESIS DE CONCLUSIONES

A. REFERENCIAS APLICATIVAS

A1. Aplicación relativizada al sistema educativo concreto

A2. Campo de enseñanza considerado: aspectos más generales de la informática; no se ha considerado el computador como soporte de la enseñanza de otras materias. Horizonte temporal: medio y largo plazo. Previamente, hay que ponerse de acuerdo sobre ideas y propuestas como las que se presentan en este estudio, después elaborarlas y a continuación empezar a ponerlas en práctica.

B. PRINCIPIOS

B1. Principio general de insuficiencia de la informática, en los planos biológico, social, técnico,... En el plano educativo, sólo el conjunto de las tecnologías de la información ofrecen posibilidades como medio material para la renovación total y absoluta de la enseñanza (a muy largo plazo), y no sólo de las matemáticas.

B2. Principio general de complejidad, como marco y eje de la enseñanza completa e innovadora de la informática.

B3. Principio local (España, países latinoamericanos): *qué hace, cómo lo hace, para qué lo hace*, orientados por subcultura de informática-uso/ciencia. Aplicable a la construcción de los contenidos y formas de planes de estudio concretos. En todo caso, búsqueda de una vía propia.

C. RESUMEN DE PAUTAS

C1. PARADIGMA-GUIA

<u>Rasgo</u>	<u>Elementos</u>	<u>Observaciones</u>
Complejidad	<ul style="list-style-type: none"> . Concepto, estructura y arquitectura. . 2 caras inseparables. . Multidisciplinar . enfoque de sistemas . información, entidad compleja . 3 niveles de complejidad informática. 	<ul style="list-style-type: none"> . Profundización en la enseñanza de los futuros profesionales - informáticos. . Obstáculos mentales . Insuficiente formalización . ampliar concepto de sistema

C2. NUCLEO BASICO El cómo lo hace mínimo. No se ve afectada su enseñanza por el paradigma complejidad.

<u>Rasgo</u>	<u>Elementos</u>	<u>Observaciones</u>
Algoritmo	<p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Razonamiento lógico . Técnicas construcción algoritmos y estructuras de datos . Manejo preciso de lengua natural. 	<ul style="list-style-type: none"> . Puede enseñarse, con total independencia del computador . Ajustar estructuras de datos a clases de problemas. Romper la limitación clásica de solo algunos ritmos de cálculo.

RasgoElementosObservaciones

- . Lengua estilizada natural
- . Técnicas de resolución de problemas.

- . Técnicas de resolución de problemas, en la enseñanza avanzada. - El resto, posible en la enseñanza secundaria.
- . Informática, como herramienta de formación intelectual.

Expresión y Ejecución:

- . Lenguajes de alto nivel
- . Computador

- . ¡Ojo con los lenguajes!
- . Sintaxis y semántica sencillas, adaptadas gradualmente a los tipos de problemas.
- . Siempre subsidiarios a la tarea de diseño.
- . Evolución y obsolescencia

Estructura, -
funcionamiento
físico y lógico
de los computadores.

- . Unidades fundamentales
- . Información digital binaria.
- . Algoritmos básicos de funcionamiento del computador, a partir de un lenguaje alto nivel.

- . Seleccionar un mínimo y preparar muy cuidadosamente para enseñanza secundaria.
- . Los aspectos tecnológicos van sometidos a un ritmo de cambio muy grande.

C3. CONTEXTUALIZACION BASICA Guiada por el principio de complejidad. Profundizarla en la enseñanza de los futuros profesionales informáticos.

<u>Rasgo</u>	<u>Elementos</u>	<u>Observaciones</u>
Tecnologías de información	. Adquisición, procesamiento, almacenamiento y diseminación - de información vocal, icónica, textual, numérica y sobre el mundo de la materia.	. Punto de vista técnico, centrado sobre el concepto, formas y operaciones con la información . Énfasis obviamente en la tecnología informática. . Analizar tendencias de las tecnologías.
Historia	. Conceptos . Descubrimientos . Relaciones	. Analizar en un contexto científico-técnico (matemática, física, ingeniería) y social . Resaltar etapas y extraer consecuencias . Conexión con otros desarrollos tecnológicos
Impactos sociales	. Sociología . Economía . Ciencia . Vida	. Cultura informática . No limitarse a análisis pasivos, sino orientar a segregación de métodos de evaluación de efectos y de valores, dentro de la noción de complejidad.

- CURSO DE INFORMATICA Y DERECHOS HUMANOS -

13-16 MARZO 1984

AULA MUNICIPAL DE CULTURA

AYUNTAMIENTO DE MADRID

EL NUCLEO DURO DE LA INFORMATICA Y

LOS DERECHOS HUMANOS

POR F. SÁEZ VACAS

CATEDRÁTICO DE CIBERNÉTICA Y ORDENADORES

E.T.S. ING. TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

1948: LA DECLARACION UNIVERSAL DE LOS DERECHOS HUMANOS Y EL TRANSISTOR.

En ese año ocurren dos cosas importantes: la Declaración de los Derechos Humanos por la asamblea de la O.N.U. y la invención del transistor. ¿Cuáles son los resultados de ambos eventos, a la altura de 1984? Si en 1948 el mundo era diverso, su diversidad en 1984 se ha hecho prácticamente inmanejable. Mientras en muchas zonas, los derechos humanos se sitúan en torno a un umbral mínimo en el que tiene poco sentido plantearse el derecho a la calidad de vida cuando apenas está garantizada la vida o un sustento precario o la vivienda, en otras se discuten y acuerdan matizaciones sobre esos mismos derechos, sólo que a un nivel muy superior: el Defensor del Pueblo, la Comisión Nacional de la Informática y de las Libertades (Francia), las leyes de Protección del Medio Ambiente. Esta disparidad en cuanto a la realidad geográfica de los derechos humanos es, en mi opinión, el mayor atentado mundial contra los derechos humanos y no se dan indicios de que vaya a dejar de crecer.

La parte del mundo en que nos encontramos ha sufrido grandes transformaciones, muchas debidas a la *explosión técnica y tecnológica*, que, productora de innumerables seres artificiales (máquinas, para entendernos), genera un cambio *incesante en casi todos los aspectos materiales e inmateriales de nuestras vidas*. Por diferentes causas, los conceptos contenidos en la Declaración, simples y claros para la época, requieren, unos, retoques complejificadores, y otros, desbordados por las estructuras organizativas, tal vez su sustitución lisa y llana: familia, trabajo, libertad, salud, propiedad, intimidad, reunión, etc. ¿Qué es una reunión, hoy, cuando las personas se pueden interconectar vía satélite a todos los efectos, excepto en lo que concierne a los sentidos del olfato y del tacto?. ¿En qué consiste la libertad si se toma en cuenta la ductilidad de los espíritus para orientarse con forme cadenas bien estudiadas de estímulos informativos?.

Entre las tecnologías están las tecnologías de la información y entre las tecnologías de la información, la informática. Las máquinas de las tecnologías de la información contienen en sus elementos fundamentales transistores, muchas veces en forma de circuitos integrados -"chips" en terminología ya vulgar. He aquí cómo podemos todos comprender el impacto - del transistor sobre el mundo y su relación con el tema de este curso.

EL NUCLEO DURO DE LA INFORMATICA

Los años que corren están deparando una enorme popularidad a la informática, especialmente debida a los "comics" y obras de ficción científica y, en el terreno práctico, a los ordenadores personales, máquinas cuya médula es un "chip" microprocesador (en definitiva, un conjunto de transistores). Aunque éste sea tema aparte, no quiero dejar de señalar la contraposición que proponen esas dos fuentes de popularidad. Por un lado, el computador H.A.L., inteligentísimo, complejo y con sentimientos y, por otro, un ordenador real que cualquiera puede comprar y operar; mitificación y desmitificación, tan engañosa la una como la otra, porque ambas posiciones extremas configuran un segmento de la verdad (actual o potencial) de la informática.

El tema de la informática ha penetrado de lleno en los medios de comunicación social. Todos los días, los periódicos nos ofrecen noticias, reportajes, artículos, ensayos, - anuncios al respecto. Este mismo curso se ha anunciado en la prensa y no es improbable que en ella se reproduzcan extractos de lo que aquí se diga. Pero es de advertir que *existe un núcleo duro de la informática* -lo llamo así para expresar su impenetrabilidad por los no especialistas- y dicho núcleo es, como Vds. ya imaginan o saben, *intrínsecamente neutral con respecto a los derechos humanos, porque lo es con respecto a su dominio de aplicabilidad.*

Si consideramos, por simplificar, que *todo lo que esté muy próximo a la base física y lógica, a la estructura, al funcionamiento y a la teoría del computador constituye un conjunto de elementos o capas conformadoras del núcleo duro de la informática*, dicho núcleo es de naturaleza abstracta, en el sentido de que, por tangibles que puedan llegar a ser sus elementos, carecen de contenidos significantes. Hay impulsos eléctricos, puntos de magnetización, operaciones lógicas, transferencias energéticas, conceptos matemáticos, conexiones, formatos específicos de información binaria, vías de comunicación, estructuras lingüísticas, estados, diagramas sintácticos, ... una parafernalia alejada inicialmente de cualquier contenido concreto de las actividades humanas o de la ideología e intenciones de quienquiera que pueda estudiarla, utilizarla o contemplarla. Volveré sobre esto.

Digo que ese núcleo es duro y es neutro. Sobre lo primero es conveniente insistir, para salir al paso de quienes argumentan que los especialistas en informática pretendemos erigirnos en élites por el método de rodear nuestro trabajo del conveniente misterio. Por el contrario, es bien cierta la dificultad que reside en ese núcleo que, a falta de una definición exacta sobre su composición y límites, podríamos convenir en conocerlo a través de la imagen que proyecta el contenido de los estudios superiores recomendados por instituciones tan prestigiosas como la A.C.M. (Association for Computing Machinery) o la I.E.E.E. Computer Society (Institute of Electrical and Electronic Engineers) en el campo de la informática. No hay otro arcano. Por eso, diseñar, escribir o comprender las entretelas del sistema operativo de un ordenador personal pertenece a gentes familiarizadas con las correspondientes capas de este núcleo, mientras que usarlo está al alcance del gran público. Todo es informática, si se quiere, pero ¡hay un núcleo!

Cuando me pidieron telefónicamente un título para esta conferencia, improvisé el concepto de núcleo duro y ahora pue-

do servirme de él como metáfora. Así, el núcleo atómico esconde energías enormes para la paz o para la guerra, pero los científicos están divididos en cuanto a las garantías de seguridad incluso para usos pacíficos. Tampoco concuerdan los científicos de la vida en cuanto a las posibilidades de control de la ingeniería genética que, manejando ácidos nucleicos y otras moléculas, pueden dar en la curación del cáncer, en la producción de cosechas asombrosas o en transformaciones monstruosas. Aún no se ha desvelado todo el misterio en estos casos. Su complejidad es fantástica, porque su "núcleo" es aún más duro, al estar implicados fuerzas y mecanismos de la naturaleza, que por el momento se resisten al dominio del hombre. En cambio, *el núcleo de la informática es un producto completamente salido de la mente humana*, en el que la naturaleza no está involucrada como no sea para prestar el silicio, material muy abundante y barato, que es el componente habitual de los transistores (circuitos integrados).

Todos los científicos de la informática se pondrían de acuerdo sobre que en ese núcleo de materia, circuitos y conceptos nada hay que tenga que ver lo más mínimo con la propiedad, con la vida, con la intimidad, con el medio ambiente, etc... No hay radiaciones incontroladas, el consumo energético es mínimo (el microprocesador más potente consume bastante menos que una bombilla corriente en nuestras viviendas) y, por poner un ejemplo práctico, una consulta a una base de datos no es a ese nivel otra cosa que una secuencia de operaciones lógicas elementales de comparación, búsquedas y transferencias de unos bloques de bits entre una memoria y un procesador de circuitos integrados y un disco magnético. Si cabe que tal consulta afecte a la intimidad de un ciudadano o permita la localización de un medicamento para salvarlo es alternativa que no se debe a un desarrollo incompleto de la ciencia, sino a la voluntad o al error humano. Lo mismo puede decirse de la utilización de un microprocesador: puede guiar el funcionamiento dosificador de un páncreas artificial en el cuerpo de un diabético o un misil destructor de vidas.

De la misma existencia del núcleo y de sus propiedades de impenetrabilidad y neutralidad (abstracción) se pueden extraer algunas consecuencias interesantes para los propósitos de este curso. En primer lugar, *la influencia más o menos latente individual, grupal, institucional, nacional o internacional de los especialistas en el núcleo duro**. Es una influencia técnica, desde luego, cuya manifestación más espectacular se produce ahondando las diferencias de poder tecnológico en el mundo. La impenetrabilidad es fuente de poder y al tiempo es causa inevitable de errores y desastres entre manos no afezadas o malintencionadas.

Por último, su propiedad de neutralidad nuclear abre la informática a todas las posibilidades no sólo técnicas, sino también humanas y sociales, es decir, a su omnipresencia potencial en la vida de las sociedades humanas e ipso facto a su impacto progresivo y complejo sobre todos los derechos humanos.

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACION Y DERECHOS HUMANOS

Establecidos un principio de definición y unas propiedades del núcleo, vamos ahora con su aplicación, en la que ya intervienen, además de especialistas del núcleo, toda suerte de individuos, grupos y sectores dependiendo de la clase de aplicación. Dada la enorme difusión de la informática, a veces no existe en una sociedad concreta el número suficiente -

* Soy consciente de que una conferencia de esta naturaleza se presta bien a incurrir en falta de precisión, pero no quisiera dejar de puntualizar al menos que no es exacto hablar de "especialistas en el núcleo duro", ya que lo que hay realmente es especialistas en segmentos distintos de ese núcleo. También matizaría que el vocablo 'duro', tal como aquí se está empleando en el sentido de concepto y conocimiento, no es incompatible con la propiedad de vulnerabilidad física del núcleo. Además, se hace preciso subrayar que tampoco se da incompatibilidad con la idea común y asumida de que cada día que pasa la informática es más sencilla. Esto es un espejismo, convertido en realidad gracias a la construcción de mecanismos virtuales que ocultan al usuario (hay muchos niveles de usuarios hasta el usuario final) la dureza creciente del núcleo de la informática.

de verdaderos especialistas, situación arriesgada a la que se ha aludido anteriormente. En todo caso, *la informática real* - puede describirse como una interacción de una sociedad con el núcleo duro de la informática, en la que tal sociedad posee - un grupo, más o menos numeroso y más o menos cualificado, de especialistas del núcleo.

Hasta el momento, las aplicaciones que parecen haber suscitado interés desde el punto de vista de los derechos humanos son aquéllas en las que pueda verse involucrada la intimidad, la seguridad y la propiedad. No tengo nada en contra, pero quiero señalar que este asunto no ha hecho más que empezar. Nuestra Constitución, en su artículo 18.4, distintas leyes en otros países. (Estados Unidos, Francia, etc.) y los tratamientos habituales de la informática en tribunas políticas, sociales y medios de comunicación se ocupan de la punta de un iceberg. En mi opinión, se peca de cortedad, no en cuanto a la importancia del problema (que, por el contrario, a veces se dramatiza excesivamente) sino en cuanto al ámbito de las técnicas y los derechos implicados.

He sostenido en ensayos anteriores la conveniencia de ir modelando una visión global del conjunto de tecnologías de la información*. Técnicamente, se está observando un proceso

* Preparando esta conferencia, he experimentado la alegría de tropezarme con un artículo del Dr. Edmund Hogrebe, titulado "Derecho e Informatización de la sociedad en el Tercer Mundo", *Agora* 1983/2, del que, por coincidir sustancialmente - con lo que se acaba de expresar, no me resisto a reproducir algunos párrafos. (...) "Paralelamente, el fenómeno telemático está cada vez más interpenetrando los medios de comunicación social, tanto por digitalización de los medios que ya son electrónicos (radio, TV, videocassettes, audio o videodiscos), como por conversión electrónica de los medios más tradicionales (libretas de bolsillo, periódicos, libros, fotografías). La convergencia de esta gran diversidad de tecnologías y funciones, cada una sujeta a su propio desarrollo tecnológico dinámico, exige recurrir a un concepto amplio de tecnología(s) de información (TI) que lo recubra totalmente. Parece no sólo imprescindible que el Derecho Informático tome nota de este desarrollo de la TI y amplíe correspondientemente su enfoque y su agenda, sino que incluso podría discutirse si el concepto de Derecho Informático no resulta restrictivo y si debería elaborarse un "derecho de la T.I." que abarque su complejidad creciente".

de integración que, a través de una creciente electrificación (cuyo sustrato físico y teórico es la microelectrónica, iniciada en el transistor) y de una digitalización unificadora, se apoya en el computador, bajo sus mil formas, para producir una paradójica y riquísima oferta de tecnologías de la información. Si se mira así, *la informática está o estará dentro o detrás de cualquier actividad pequeña, grande o grandísima que tenga que ver con la información* (¿qué actividad no tiene que ver con la información?). Esto configura un nuevo entorno humano, para el cual, como se decía al principio, habrá que renovar conceptos, a tenor de las transformaciones sociales.

Tomemos un ejemplo: la informática elimina trabajo. - Este es un hecho incuestionable y de serias repercusiones a escala social. Desde que un algoritmo está diseñado y programado, es posible copiarlo y ejecutarlo automáticamente (incluso a distancia), y generalmente a bajo costo, en todo el mundo, cuantas veces se desee o sea necesario. Por consiguiente, una persona o un grupo de personas realiza el algoritmo y ese trabajo evita en teoría que miles o millones de personas deban ocuparse de una determinada tarea.

Como se ve, se trata de un caso genérico expresivo de los poderes de la informática, del que pueden derivarse distintas consecuencias y reflexiones. Una, es que unos pocos individuos que trabajan pueden dejar sin trabajo a otros muchos. Otra, que ese grupo que trabaja impone sus modos de resolución del problema a todos los demás y tal vez su dominio económico. También es posible plantear un problema de propiedad intelectual e industrial, habida cuenta de la facilidad de copiar y transmitir la información en sí que constituye el algoritmo. Otro aspecto trascendental es si la exoneración de ciertas tareas para muchos seres humanos les significará poder dedicarse a otras más creativas y enriquecedoras, si eso supondrá una redistribución social de las rentas y disminución general cuantitativa de las obligaciones laborales o

si, por el contrario, todo ello se traducirá en arrojar a un pozo de pobreza a personas, grupos o países más débiles, menos preparados o menos avanzados tecnológicamente. El panorama se complica porque sabemos que el ordenador no sólo se programa para realizar operaciones en situaciones de rutina o peligrosidad sino para tareas del máximo nivel intelectual*.

Como se observará por este ejemplo, los derechos al trabajo, a la libertad y a la propiedad son afectados simultáneamente, de formas muy poco clásicas y algo más que individuales.

Por descontado que podrían multiplicarse las muestras -y más concretas que la expuesta- acerca del impacto múltiple y complejo de las tecnologías de la información. Sin que se haya visto claramente el fenómeno en su conjunto, circula ya como un tópico que esta tercera revolución de la información producirá un impacto más profundo e incontrolable que revoluciones técnicas anteriores, a las que se suma y potencia.

LA "CIBERNETIZACION" DE LA SOCIEDAD: UN RETO DESCONCERTANTE.

En 1948 y dentro del terreno científico no sólo se inventó el transistor. El matemático Norbert Wiener publicó su obra "Cibernética" (ciencia que estudia el control y la comunicación en los seres vivos y en las máquinas). La repercusión técnica e ideológica de esta disciplina ha sido muy impresionante. En muchos aspectos conceptuales, la Informática puede ser considerada deudora de la Cibernética y a cambio muchos postulados de la Cibernética han podido verse realizados gracias a los avances tecnológicos de la Informática. Un caso típico de sinergia.

* En teoría, el esfuerzo educativo de la sociedad necesario para adaptarse a la situación provocada por la tecnología es de tal orden de magnitud y tan variado en sus formas que sólo es paradójicamente abordable aplicando a la tarea con ingenio y lucidez las posibilidades del conjunto de las tecnologías de la información. Las instituciones de enseñanza con sus medios tradicionales nada pueden hacer.

Mas lo que nació como una obra matemática portaba -- tantas sugerencias de analogía entre máquinas y seres vivos - que generó toda clase de extrapolaciones, siendo tergiversada una y mil veces en el terreno de lo social, hasta el punto de que hoy, para el gran público, ciberneticización significa sustitución, cuando no dominio del hombre y de la sociedad por - las máquinas. Y entre éstas, de forma muy especial, los ordenadores. La última ola son los robots industriales, pero todo el mundo sabe que dentro de cada robot hay un ordenador (o un microprocesador, o un autómatas programable).

Se asocia la Cibernética con las máquinas y también - con la ideología que parece impregnarlas. A fin de cuentas, - cibernética es la ciencia del gobierno, de la regulación, del control. Sus conceptos han dado lugar a la Automática ("servo mecanismo" lleva el significado de siervo) y a la Robótica. - Sin embargo, tienen otra lectura, como ahora se dice. La Cí-- bernética, en tanto que herramienta conceptual, y las tecnolo-- gías de la información como instrumental, esconden un enorme potencial de liberación: creación de riqueza, aumento de la - variedad, eliminación de rutinas y peligros, mejora de la in- teligencia,...

Así pues, la "ciberneticización" de la sociedad plantea a la humanidad un reto. Muchos creen que la antiutopía de Or- well -escrita ¡oh, hermosa coincidencia! también en 1948 (y - publicada en 1949)- se está materializando acaso ahora en un "Big Brother" de computadores, satélites-espía y chismes elec- trónicos. Está por ver. También somos muchos los que pensamos que lo que sucede y lo que ha de suceder ha de interpretarse, valorarse y conducirse dentro de una conceptualización de la complejidad, al modo que defiende Morin.

Las relaciones que se producen en la interacción del tejido social con las tecnologías de la información se expre- san con una barra (/) enmedio. La "ciberneticización" -si se - quiere utilizar tal denominación al menos demosle su sentido

amplio- esclaviza/libera, da/quita trabajo, securiza/vulnera, aliena/integra, destruye/salva vida o salud, empobrece/enriquece el espíritu, centraliza/autonomiza, etc. La semántica de la barra consiste en que ambos términos de la relación, es decir las dos lecturas, son a la vez complementarios, concurrentes y antagonistas, de ahí que el reto sea desconcertante.

Las sociedades y el mundo entero tienen ante sí este problema y esta oportunidad. Más cosas que la intimidad y la seguridad están en juego, repito.

La complejidad del entorno humano requiere la informática para su manejo, pero ésta a su vez introduce más complejidad. Hay que aumentar la cantidad y la calidad de los especialistas en el núcleo duro de la informática y asimismo educarles en la comprensión de la complejidad y en las repercusiones sociales y éticas de su aplicación en la organización social.

Por su parte, los legisladores tienen que hacer un esfuerzo para actualizar el código a un presente que es ya pasado. Afrontan dos dificultades. Una, que por lo general desconocen casi todo del ámbito tecnológico. Dos, que es prodigiosamente complicado legislar para un mundo confuso. Se hace im prescindible una colaboración de todos.

RESUMEN

En 1948 se firma la Declaración Universal de los Derechos Humanos, se funda la Cibernética y se inventa el transistor, acontecimientos inconexos, que se relacionan en esta conferencia, tomando el transistor como símbolo representativo de una eclosión tecnológica que está cambiando radicalmente, aunque de forma desigualmente distribuida, el entorno humano.

En cuanto a los derechos humanos, es el conjunto de las tecnologías de la información lo que hay que considerar y no sólo la informática, y de ésta algunos aspectos más que los que afectan a la intimidad, la seguridad o la propiedad, con ser muy importantes.

Progresivamente, las tecnologías de la información serán nucleadas por la informática, en la que es posible distinguir a su vez un núcleo duro, "término" nuevo que pretende centrar la atención sobre la existencia de un conjunto de conceptos, técnicas, mecanismos y saberes, cuya dificultad es asumible sólo por especialistas muy preparados. El núcleo duro y sus circunstancias, singularmente su neutralidad con respecto a los derechos humanos, han sido objeto de un somero análisis.

Eso que ha dado en llamarse la "cibernetización" de la sociedad requiere una conceptualización diferente y no maniquea para un mundo en el que todo empieza a ser técnica y desconcertantemente posible, deseable o indeseable. En fin, un reto a todos los niveles de la organización social, en la que juegan un papel trascendente los derechos humanos.

LAS SUBCULTURAS E "IDEOLOGÍAS" INFORMÁTICAS, BARRERAS PARA UNA EDUCACIÓN INNOVADORA SOBRE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN,

por F. Sáez Vacas

Catedrático de Cibernética y Ordenadores

E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación

Universidad Politécnica de Madrid (España)

1. DE LOS FACTORES DEL PROBLEMA

Al presentar mi ponencia¹ en un seminario que sobre el tema de este Simposio organizó el CREI meses pasados, dije que el problema global de la educación en informática es un asunto multidisciplinar, que exige tomar en cuenta simultáneamente por lo menos ocho factores: 1) el retraso del aprendizaje; 2) la complejidad general de las sociedades tecnificadas; 3) la evolución y complejidad de la informática; 4) las insuficiencias intrínsecas multidimensionales de la informática; 5) la presión de la industria informática; 6) el sistema cultural informático predominante; 7) el sistema educativo; y 8) la presión de los especialistas y diletantes.

Los cinco primeros factores son universales, es decir, operan indistintamente en cualquier lugar, y los tres últimos son locales.

Precisamente, el documento de la ponencia se proponía trazar un marco general del problema, para situarlo en términos lo más alejados posibles del simplismo mecánico habitual, que no percibe más que una realidad reducida. A posteriori, se vió que el alcance y la densidad del documento habrían requerido más debate y más desarrollo escrito, lo que podía haberse presumido considerando la fuerza de los factores 3, 5, 6 y 8.

1. "Propuesta de algunas pautas para guiar la elaboración, a mediados de los ochenta, de los objetivos, metodologías y pedagogía de la enseñanza de la informática en cualquier sistema educativo" Seminario CREI sobre Objetivos, Metodología y Pedagogía de la Enseñanza de la Informática. Madrid (Buitrago), Noviembre 1983.

Nota: La ponencia no cataloga explícitamente los ocho factores aquí indicados.

Quien quiera podrá consultar este documento, cuya publicación está en curso por los cuidados del CREI, y ahí encontrará material para contrastar sus reflexiones personales y evaluar las orientaciones propuestas hacia una solución racional y culturalmente propia.

El objeto exclusivo de la presente comunicación es subrayar de manera específica y trazar algunos rasgos del factor especial de riesgo que para una buena solución del problema de la educación en informática supone la presión de los especialistas (y de sus epígonos sociales) - el factor número 8.

Parece evidente -aunque no se haya pormenorizado en el texto de la ponencia- que los factores son interdependientes. La importancia del factor número 8 radica en que es el único factor directamente humano y, por consiguiente, el único que puede elaborar soluciones o influir en ellas. Los especialistas, inmersos en un sistema cultural informático concreto (factor 6), en el que, como norma, la presión de la industria informática (5) es grande, y sometidos a la propia naturaleza del especialismo, no serán propensos a captar la auténtica realidad de los factores 2,3 y 4 (especialismo es sinónimo de anticomplejidad y unidimensionalidad) y por ello tampoco propiciarán medidas para disminuir el retraso del aprendizaje (véase documento de la ponencia y referencias allí citadas). Es así como se cae en el simplismo mecánico arriba señalado. Algunos creemos en la necesidad imperiosa de coordinar, ampliar, y encuadrar el trabajo de los especialistas y el documento de la ponencia se escribió bajo ese fundamento y bajo ese riesgo, contando de antemano con que podía ser recibida con incomprendiones, falsas interpretaciones y tergiversaciones ya conocidas e incluso con descalificaciones implícitas o explícitas. Tal es el nudo de la cuestión.

2. DEL TERRORISMO INTELECTUAL (POR LO GENERAL BIENINTENCIONADO) DE LOS ESPECIALISTAS.

La ciencia y la técnica actuales han conseguido un grado elevado de desarrollo, atribuible con toda justicia al principio de división en trabajos especializados, pero también ha crecido y de una manera muy preocupante su fragmentación e incomunicación. Si bien este último aspecto ha sido resaltado en no pocas ocasiones, lo cierto es que todos los hábitos académicos, investigadores e industriales se han ido configurando hacia un reforzamiento de la incomunicación y la especialización.

Los especialistas, aunque hayan sido descritos por muchos pensadores como bárbaros modernos, hoy día disfrutan de enorme crédito social. Con harta frecuencia operan en campos muy estrechos, pero forman la inmensa mayoría de la comunidad científica y técnica. Entre otras cosas, pueden permitirse mostrarse duros y críticos con generalistas que transitan sus campos de actividad o con otros especialistas que se aventuran en terrenos interfronterizos. Aún cuando su actitud pueda basarse a menudo en la ignorancia, se reviste fácilmente de superioridad y hasta llega a traducirse en rechazo de lo no especializado bajo argumentos y maneras diversos, desde lo más ingenuo hasta lo más maquiavélico, según casos y personas. En la práctica, es un asunto sutil, nada científico por otra parte. Simplemente, constituye una manifestación de uso (a veces, abuso) de poder. Lógicamente, estamos hablando en términos generales y estadísticos.

En la informática no tiene por qué producirse una excepción a lo anterior; todo lo contrario, por razones analizadas en mi ponencia. Este autor ha distinguido cinco subculturas informáticas, y dentro de cada una funcionan distintos especialismos, que actúan como auténticas ideologías dentro de las ideologías. Se demuestra que en algunos países domina una subcultura de informática-negocio. Según un autor francés, una ideología, desde el punto de vista informacional, es un sistema de ideas hecho para controlar, acoger, refutar la información.

Hay grados de especialización, el especialista acérrimo es tanto más víctima de su ideología cuanto más acérrima y estrecha es ésta, si además ignora que ve el mundo por intermedio de sus ideas y cuando cree ver el mundo en sus ideas. Aquí, en el caso de la informática, los individuos tienden a encontrar su seguridad ideológica en su especialidad, que está inmersa en una determinada subcultura y condicionada por la (o las) subcultura dominante en su sociedad. ¡Cuántas veces no actuará además el especialista informático como correa de transmisión de la industria informática!. Se hace preciso desmontar estos mecanismos, desvelándolos al público, para poner de manifiesto el peligro de que los problemas complejos y de trascendencia como el que nos ocupa sean controlados por personas cuyos procesos mentales se alimentan más de lo conveniente de una parte pequeña de la realidad.

Y como estamos propiamente en un terreno ideológico, plenamente subjetivo, nada se opone a que aportemos testimonios de experiencia personal para ilustrar las formas menos peligrosas que pueden adoptar dichos procesos, llegando en ocasiones casi al terrorismo intelectual (generalmente no consciente y mucho menos malintencionado, en mi opinión).

3. ARGUMENTACION SUBJETIVA: ALGO DE CASUISTICA PROPIA RECIENTE.

Relataremos ahora muy esquemáticamente algunos sucesos relacionados con los temas de la ponencia y de este simposio, en los que el autor se ha visto involucrado. Por no traicionar el pensamiento de otras personas, se reproducirán literalmente sus palabras, incluso en inglés.

3.1. Ponencia del seminario CREI/críticas

La ponencia suscitó elogios y algunas críticas. Entre éstas, es de destacar una crítica a la totalidad debida a la pluma del Dr. Ing. Galván Ruiz. El espacio disponible impide recoger y rebatir aquí todas sus opiniones, que también estarán publicadas en el texto del seminario. Bastará con el siguiente párrafo:

"En resumen, la ponencia adolece de falta de concreción, exceso de generalizaciones y un cierto tinte tecnocrático que desconoce deliberadamente los verdaderos problemas educativos que surgen en sociedades de diferentes niveles de desarrollo, amén de desconocer también los aspectos prácticos del proceso de enseñanza, es decir la metodología a seguir para cumplir el fin propuesto, que tampoco aparece muy claro en el escrito comentado".

El Dr. Galván es un reconocido especialista español de Bioingeniería, con el que me unen aprecio personal y unos mismos estudios de origen. En este tema, sin embargo nos separan muy distintas experiencias profesionales, -la mía de lleno en variados campos de la informática, con especial énfasis en la enseñanza durante quince años- la terminología y probablemente la falta de tiempo para explicarnos mutuamente nuestros puntos de vista. Tiendo a pensar que su sentido de la concreción, su autoseguridad en los planteamientos y su repudio de la duda se asientan probablemente en una típica mentalidad de especialista.

A quien quiera que lea la ponencia o simplemente cualquier parte de esta comunicación, le sonará a paradoja la calificación de "tecnócrata" que el Dr. Galván propina a este autor. Todo el mundo (excepto quizá el Dr. Galván) sabe lo que es un tecnócrata. Así lo define, por ejemplo, la Nueva Enciclopedia Larousse (1982): a) Partidario de que el poder estatal se halle en manos de los técnicos o especialistas; b) Experto o técnico que ejerce su cargo tras haber realizado estudios técnicos, económicos o administrativos y que en su gestión sitúa el principio de eficacia por encima de los factores sociales, políticos o ideológicos".

3.2. Comunicación/Congreso especializado/ponencia CREI

Este autor ha observado la siguiente regularidad: cuando quiere publicar un trabajo técnico en un campo concreto y común de especialización, no encuentra dificultad alguna. Si el trabajo se sale de los cauces habituales, intentando con esfuerzos redoblados reflexionar, arrojar luz sobre un campo más extenso o situarse en la multidisciplinariedad o la complejidad, tiene grandes probabilidades de ser rechazado. La regularidad excluye la casualidad y se explica por la causalidad. Hipotéticamente, la causalidad puede encontrarse en el poder ciego de aquellos especialistas que controlan revistas y congresos internacionales.

En este y en el próximo apartado veremos dos ejemplos propios de este mecanismo. Primer ejemplo, desglosado en tres episodios:

Primer paso: el autor somete al Comité de Programa de la Séptima Conferencia de Ingeniería del Software una comunicación titulada "Some framework ideas for Software Engineering Education". Julio 1983.

Segundo paso: la comunicación es rechazada y el autor recibe copia de las opiniones de los revisadores, de las que a continuación se darán unos extractos. Noviembre 1983.

Revisor A: This paper presents opinions backed by little evidence and claims to propose a structure for SE education. The structure is fuzzy, but it doesn't appear to be much different from conventional wisdom, and the differences are not identified and defended. Also, the paper doesn't say anything about education.

Revisor B: Paper can be summarized as "include people in the software life cycle" Little new here.

Revisor C: (...) Finally, the author makes no concrete recommendations of his own. (...).

Revisor D: This paper should be rejected because - it isn't about anything. Or, it's about anything - whatsoever, and thus not about software engineering education. The title indicates that the discussion - will be conducted at a level above the concrete, but phrases like "a function of the specific circumstance of the ontogenetic circuit" are a bit much. (...) (...) This paper is best characterized by its diagrams. At first they appear simple-minded, but on further study most are either incomprehensible, or -

unconnected with the words around them. Now that may be characteristic of software engineering education...

Tercer paso. En el intermedio del primero al segundo paso, este autor ha escrito (Agosto 1983) su ponencia por encargo del CREI. De ella voy a reproducir unas frases, por las que el lector comprenderá muy bien que el rechazo de los revisadores citados (incógnitos, para mayor objetividad/impunidad) no le supuso a este autor gran sorpresa. Son éstas: "Entre otras cosas, he propuesto un modelo conceptual de complejidad para el proceso de desarrollo de software de gran formato, en una comunicación que estará ahora en manos del Comité de Programa de la Séptima Conferencia Internacional de Ingeniería del Software (Florida, U.S.A., 1984). Desconozco la suerte que pueda correr esa comunicación, titulada "Some Framework Ideas for Software Engineering Education". Si menciono este detalle, es porque, si me cabe alguna duda acerca de su eventual aceptación, la baso en que la informática del país más informático del mundo es muy "mecanocéntrica" y, por lo que sé, totalmente insensible, técnicamente hablando, a este problema de la complejidad. Me interesa ir aireando matices semejantes, porque veremos más adelante, cuando analicemos condiciones de entorno, que las actividades informáticas de países o culturas diferentes son (o pueden ser) diferentes".

Recibido el esperado rechazo, el autor decide pulsar otras opiniones y escribe, adjuntando copia de la comunicación y de las críticas de los revisadores al Dr. Gerald Weinberg, Lincoln (Nebraska), a quien no tiene el gusto de conocer personalmente. También le adjunta copia de otro artículo (véase próximo apartado), anteriormente descartado de una revista americana. Estamos a últimos de noviembre, 1983.

El Dr. Weinberg contesta con una amplísima carta, fechada el 7 de diciembre, 1983, de la que se entresacan ahora algunos párrafos.

"(...) "The paper is hard (for me) to understand and probably is even harder for the typical (American) reviewer".

"(...) "I believe your paper, in Spanish, would probably be perfectly acceptable and understandable in the Spanish intellectual community, but is utterly incomprehensible to the greater part of the American intellectual community. This would be especially true of the "Engineering" subculture within the American community, which fundamentally does not recognize the concept of culture, or perhaps even intellect."

"One aspect of this "American Engineering subculture" is that it does not possess the concept of a philosophy of education. Education is a collection of facts and techniques -the "latest and best". Among a small minority, "theory" is accepted as part of education- but that means only mathema--

tics, not the intellect generally, and certainly not anything about psychology, sociology, politics, or philosophy".(...)

(...) "I suppose it's no accident that you've chosen me for an opinion. Although my work is certainly respected in the United States, it has always been much more popular (proportionately) in Europe and Asia. Although I have a loyal following here, most of the things I write have a way of being discovered 10 years later by the bulk of the software engineers in the USA".(...)

El Dr. Weinberg, conferenciante, consultor y articulista reputado, es autor de ocho libros sobre informática y teoría de sistemas, entre los que pueden citarse los famosísimos *Psychology of Computer Programming* (un clásico, ya) y *An Introduction to General Systems Thinking* y otros, más técnicos y especializados, como *High Level COBOL*, *Handbook of Walkthroughs, Inspections and Technical Reviews*, etc. Personalmente, sus juicios tienen mucho valor para este autor. Observe el lector cómo es sensible Weinberg a las diferencias culturales y educativas, virtud en la que no suele estar sobrando el especialista medio.

3.3. *Artículo/revista norteamericana internacional/nuevos desencuentros.*

Este autor tiene una teoría original sobre la existencia de cinco subculturas informáticas, pero un artículo que la describe ha sido rechazado por una revista americana en los términos que a continuación se relatarán. El lector que lo desee podrá juzgarla libremente, porque un extracto muy completo se incluyó en la ponencia.

Sinceramente, el autor se siente muy satisfecho de la susodicha teoría, estimándola entre lo mejor que ha elaborado a lo largo de su carrera profesional. Por suerte para él, ha pergeñado una teoría explicativa acerca de su fracaso en publicarla internacionalmente, lo que deja su espíritu más tranquilo, aunque disconforme. Sin tapujos, mostraremos ante el lector las circunstancias.

Primer paso. Se envía el artículo "Are there five informatics subcultures?" para su publicación en la revista de la Society on Social Implications of Technology del I.E.E.E.. Estamos en julio de 1982. Previamente (Abril, 1981) se había enviado al I.B.I., sin recibir jamás la menor respuesta ni positiva ni negativa en lo tocante a su publicación.

Segundo paso. Contesta el editor de la revista, Profesor Balabanian, de la siguiente (muy argumentada) guisa (Febrero, 1983)

"Dear Professor Saez Vacas:

I apologize for the long delay in the review of your paper: "Are There Five Informatics Subcultures". The reviewers have finally completed their review. I regret to inform you that they recommend against publication. One reviewer suggested that you consult the following reference:

R. Kling, "Social Analysis of Computing", Computing Surveys, March 1980.

Also other works of Kling and Genson.

Sincerely,"

Tercer paso. Contestación (muy educada) del autor (Febrero, 1983)

"Dear Professor Balabanian:

I have received your letter dated February 7th., 1983, concerning my article: "Are there Five Informatics Subcultures?".

Obviously, such a long delay to review said article - should have caused very solid argumentations from the reviewers. An institution as the IEEE cannot turn down a paper - without justifying it. So then, kindly forward a copy of the reviewers report to me in order to know about their reasons to recommend against publication.

Meanwhile, I am looking for Kling's article "Social - Analysis of Computing" since being unaware of it, I ignore what relationship might hold with my own article.

Sincerely,"

Cuarto paso. No hay tal paso. Un año después de la carta que se acaba de transcribir no ha habido respuesta alguna y mucho menos se nos ha remitido copia de los informes de los revisadores. Uno imagina qué embarazosa situación para ellas - ha de ser pedirle explicaciones a gentes que tal vez en el fondo no comprendieron el artículo. ¡Pero pueden prohibir su publicación, es su poder!

Observaciones complementarias. En el mes de julio de 1981 tuve ocasión de exponer la teoría de las cinco subculturas en la Escuela de Verano de Informática, organizada por la Asociación Española de Informática y Automática, ante unas sesenta personas, profesores o investigadores de universidad. El impacto fue grande. Ahora, el Dr. Weinberg, que ha leído el artículo rechazado, me escribe lo siguiente:

"The same comments, by the way, would apply to your five cultures paper, which I found provocative, and which I would love to discuss with you someday".

¿Quién tiene razón?

3.4. *Teoría general de sistemas, sí/teoría general de sistemas, no.*

En Febrero de 1983, se aprobó para la Facultad de Informática de Madrid un nuevo plan de estudios que, entre muy numerosos cambios con respecto al anterior, ha eliminado la asignatura de Teoría General de Sistemas. Este autor, como cualquier ciudadano, está en su derecho de juzgar positiva o negativamente el plan en su conjunto, pero la desaparición de la Teoría de Sistemas le parece un signo victorioso de las opiniones reduccionistas del mundo especializado, una manifestación clara del espíritu que estamos revelando aquí con una señal de alarma.

Años atrás, cuando se creó dicha Facultad de Informática, el autor estaba en la Comisión Gestora que diseñó su plan de estudios y fue artífice personal convencido de la incorporación de la Teoría General de Sistemas, ocupándose luego de seleccionar el profesorado y dirigirlo durante los dos primeros cursos académicos.

Ahora estoy más convencido que entonces. En la ponencia, recomiendo centrar la educación informática alrededor del concepto y metodología de la complejidad, aconsejando "profundizarla dentro de la enseñanza de los futuros profesionales informáticos" (lo contrario de lo que se está haciendo en esta Facultad) sobre la idea de que "la metodología de la complejidad es interdisciplinar y abstracta" (...) y "se basa en parte en el enfoque sistémico, etc." (...).

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Tan importante como elaborar planes de estudio o diseñar experiencias educativas en informática, es analizar sus condiciones de contorno. No es válido reflexionar sobre el objeto informático en el ámbito de la educación sin integrarlo, e integrarlo adecuadamente, con distintas dimensiones de su entorno.

En sentido amplio, la informática es un fenómeno a la vez científico, técnico, económico, antropológico, social, ... Por eso, hemos dicho que "la informática debería ser construída y usada dentro de una metodología amplia de la

complejidad". Aquí hay un desafío y también un riesgo en no hacerlo así.

Por nuestra parte, la amplitud del fenómeno la mo-
- lamos en la necesidad de considerar ocho factores. Comple-
mentariamente a una ponencia muy extensa del autor donde se
describen tales factores, esta comunicación al Simposio sub-
raya el factor de riesgo subyacente en la influencia de los
especialistas. A modo nada más que de metáfora, ilustrativa
de otras formas menos triviales, más interesadas y más efec-
tivas, se han presentado unos ejemplos vividos por el autor
para transmitir una idea de cómo pueden llegar a silenciarse
las voces que propongan una educación innovadora sobre tec-
nologías de la información.